



**T.C.  
ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**HİPOKSİDE, AEROBİK VE ANAEROBİK EGZERSİZ  
KAPASİTESİNİN PSİKOMOTOR VE KOGNİTİF  
PERFORMANSA ETKİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**MENDUH SAVAŞ İLBASMIŞ**

**DANIŐMAN**

**Prof.Dr. RUHİ UYAR**

**2017**



**T.C.  
ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**HİPOKSİDE, AEROBİK VE ANAEROBİK EGZERSİZ  
KAPASİTESİNİN PSİKOMOTOR VE KOGNİTİF  
PERFORMANSA ETKİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**MENDUH SAVAŞ İLBASMIŞ**

**DANIŐMAN**

**Prof.Dr. RUHİ UYAR**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

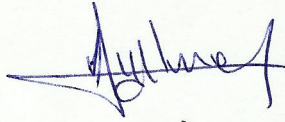
Uzm.Dr. Menduh Savaş İLBASMIŞ'ın Doktora Tezi olarak hazırladığı **"Hipokside, aerobik ve anaerobik egzersiz kapasitesinin psikomotor ve kognitif performansa etkisi"** başlıklı bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddesi uyarınca değerlendirilerek **"KABUL"** edilmiştir.

25/05/2017

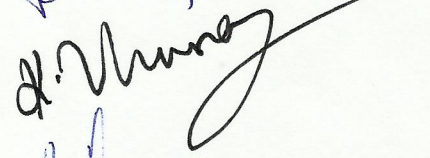
Üye: Prof.Dr. Ruhi UYAR



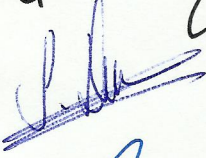
Üye: Prof.Dr. İlker YILMAZ



Üye: Prof.Dr. Kubilay UZUNER



Üye: Prof.Dr. Selda KABADERE



Üye: Yrd.Doç.Dr. Deniz ŞİMŞEK



Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02 / 06 / 2017 tarih ve 1128 / 5452 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasan Veysi GÜNEŞ

Enstitü Müdürü

## Özet

**Amaç:** Havacılıkta kaza riski oluşturan akut hipobarik hipoksinin bilişsel ve psikomotor fonksiyonlar üzerine olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle akut hipoksi durumlarında pilotun zihinsel fonksiyonlarını koruyabilmesi için hipoksi dayanıklılığını geliştirmesi önemlidir. Bu çalışmanın amacı aerobik ve anaerobik kapasitelerin hipoksik şartlarda bilişsel ve psikomotor işlevlere etkilerini incelemek ve bu sayede hangi tür egzersizin hipoksi dayanıklılığına olumlu etki edebileceğini anlamaktır.

**Yöntem:** Çalışmaya uçuş fizyolojisi eğitimi almak amacıyla başvuran 25 pilot adayı alınmıştır. Katılımcılara rutin idari sağlık muayenelerinin ardından fiziksel kondisyon testleri olan aerobik kapasite ölçümü ( $VO_2$ maks) ve anaerobik kapasite ölçüm testi olan Wingate testi uygulanmıştır. Hipoksi uygulaması 5486 metre (18.000 ft) yüksekliğe eşdeğer basınçta yapılmıştır. Nöropsikolojik testler olarak belirlenen Go/NoGo ve Digit Span testleri, eğitim öncesi, hipoksizde ve eğitim sonrası olmak üzere üç aşamada uygulanmıştır. Katılımcılar aerobik ve anaerobik kapasite ortalamalarına göre yüksek ve düşük olarak ikiye gruba (dört grup) ayrılıp değerlendirilmişlerdir.

**Bulgular:** Katılımcıların Go/NoGo R-Go tepki süresi ve ihmal hatası ortalamaları eğitim öncesi döneme göre hipoksizde ve eğitim sonrasında anlamlı artış göstermiştir. Digit Span testinde ise hipoksizdeki bellek genişliği ve doğru yanıt sayısında eğitim öncesi ve eğitim sonrasına göre anlamlı düşme tespit edilmiştir. Bu bulgular aerobik kapasite açısından incelendiğinde hem Go/NoGo hem Digit Span testlerindeki olumsuz etkilenmeler aerobik kapasitesi düşük gruptakilerde aerobik kapasitesi yüksek gruptakilere göre daha belirgin bulunmuştur. Anaerobik kapasite açısından yapılan incelemede ise anaerobik kapasitesi yüksek grubun Go/NoGo verileri eğitim sonrasında anaerobik kapasitesi düşük gruba göre daha başarılı fakat hipoksizde görülen bozulma bakımından anaerobik yüksek ve anaerobik düşük gruptakilerde belirgin bir fark saptanmamıştır. Digit Span testinde de yine hipoksizdeki başarısızlıkta anaerobik yüksek ile anaerobik düşük gruplar arasında belirgin fark gözlenmemiştir. Fakat eğitim sonrası dönemde anaerobik yüksek gruptakilerin bellek skorları ve doğru yanıt sayıları anaerobik düşük gruptakilere göre daha iyi çıkmıştır.

**Sonuç:** Akut hipoksinin bilişsel işlevleri olumsuz yönde etkilediğini gösteren önceki çalışmalarla uyumlu olarak hipoksizde ve eğitim sonrasında hem bilişsel hem de psikomotor işlevlerin olumsuz etkilenebileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle aerobik kapasitenin yüksek olmasının hem bilişsel hem de psikomotor işlevlerin hipoksizde ve eğitim sonrasındaki bozulmaya karşı olumlu yönde koruyucu etkisi vardır. Anaerobik kapasitenin derecesinin akut hipoksizdeki bilişsel ve psikomotor bozulmayla doğrudan bir ilişkisi

gözenmemiştir. Fakat satürasyon düşüşlerinin ardıl etkisinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilen eğitim sonrası bilişsel ve psikomotor bozulmaya karşı olumlu yönde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Uçuculara aerobik ağırlıklı ve anaerobik egzersizler de içeren düzenli spor alışkanlığı kazandırmanın onların akut hipoksiye karşı dayanıklılıklarını arttırabilecek bir etken olarak önerilmesi uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: hipobarik, bilişsel, zihinsel, fiziksel kondisyon, hipoksemi



## Summary

**Objective:** Acute hypobaric hypoxia, which possesses an accident risk in aviation, has negative effects on cognitive and psychomotor functions. Therefore, it is important to develop hypoxia tolerance to preserve pilot's mental functions during possible hypoxic conditions. We intended to investigate the roles of aerobic and anaerobic capacities on cognitive and psychomotor functions during hypoxic conditions.

**Methods:** 25 pilot candidates, applied for training in flight physiology were included in this study. After routine health examinations, physical fitness tests of aerobic and anaerobic capacity measurements were applied to the participants. Hypoxia was applied at equivalent pressure of 5486 meters (18.000 ft) in height. Go/NoGo and Digit Span neuropsychological tests were applied during pre-, post-training and hypoxia. Depending on means of aerobic and anaerobic capacities, the participants were grouped as high and low for each capacity.

**Results:** When compared to the pre-training phase, the means of response times and negligence errors of GNG tests increased significantly during hypoxia and post-training. For Digit Span test, the means of memory span and the number of correct answers decreased significantly in hypoxia when compared to pre- and post-training phases. When these findings were examined in terms of aerobic capacity, negative effects in both neuropsychological tests were more prominent in the low aerobic group than the high aerobic group. In terms of anaerobic capacity, Go/NoGo scores of high anaerobic group were better than low anaerobic group in the post-training phase, but there was little hypoxic deterioration between high and low anaerobic groups. According to Digit Span scores, there were also no hypoxic differences between high and low anaerobic groups, but the means of memory span and number of correct answers of high anaerobic group were better than low anaerobic group in the post-training phase.

**Conclusion:** We found that both cognitive and psychomotor functions could be adversely influenced during hypoxia and post-training phases. We showed that if aerobic capacity is high, it might be a positive factor against deterioration of both cognitive and psychomotor functions during hypoxia and post-training phases. There was no direct relationship between the amount of anaerobic capacity and neuropsychological impairments during hypoxia phase. However, it has positive effects on cognitive and psychomotor impairments during post-training phase considered due to post effects of consecutive

desaturations. We suggest regular sport habits mostly aerobic, but including anaerobic exercises for aircrew as a factor that may increase their acute hypoxia tolerance.

Keywords: hypobaric, cognitive, mental, physical fitness, hypoxemia



# İçindekiler

ÖZET	iii
Summary	v
Tablo dizini	x
Şekil dizini	xi
Simge ve kısaltmalar dizini	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Hipoksi Çeşitleri ve Etkileri	3
2.1.1. Hipoksik hipoksi	3
2.1.2. Hipemik (anemik) hipoksi	3
2.1.3. Stagnant (iskemik) hipoksi	4
2.1.4. Histotoksik hipoksi	4
2.1.5. Hipoksinin hücresel etkileri	4
2.1.6. Hipoksi ve havacılık	5
2.1.7. Akut hipobarik hipoksi	6
2.1.7.1. Solunum sistemi yanıtları	8
2.1.7.2. Dolaşım sistemi yanıtları	8
2.1.7.3. Sinir sistemi yanıtları	9
2.1.7.3.1. Bilişsel (kognitif) işlev bozuklukları	10
2.1.7.3.2. Psikomotor işlev bozuklukları	10
2.1.7.3.3. Görme duyusu bozuklukları	11
2.1.7.3.4. Etkili bilinç zamanı-EBZ	11
2.1.8. Uçuşta hipobarik hipoksi önlemleri	12
2.2. Bilişsel ve Psikomotor İşlevler	13
2.2.1. Bilişsellik (kognisyon)	13
2.2.2. Bellek (hafıza)	13
2.2.2.1. Duyusal bellek	14
2.2.2.2. Kısa süreli bellek	14
2.2.2.3. Uzun süreli bellek	15
2.2.2.4. Çalışan bellek	15
2.2.3. Dikkat	15



2.2.4. Bilişsel baskılama (inhibisyon)	15
2.2.5. Yürütücü işlevler	16
2.2.6. Psychology experiment building language (PEBL)	16
2.3. Maksimum Fiziki Performans	17
2.3.1. Hazır enerji = ATP-PCr (fosfokreatinin) sistemi	17
2.3.2. Kısa süreli enerji = Glikolitik enerji sistemi	18
2.3.3. Uzun süreli enerji, aerobik enerji sistemi	18
2.3.4. Aerobik kapasite (Güç)	18
2.3.5. Aerobik kapasitenin ölçülmesi	19
2.3.6. Anaerobik kapasite	20
2.3.7. Anaerobik kapasitenin ölçülmesi	21
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	22
3.1. Katılımcılar	22
3.2. Kullanılan malzemeler	22
3.2.1. Fiziki performans ölçüm cihazları	22
3.2.2. Kognitif/psikomotor test cihazları	22
3.2.3. Hipoksi eğitimi	22
3.3. Çalışma protokolü	23
3.3.1. Aerobik kapasite ölçümü ( $VO_2max$ )	24
3.3.2. Anaerobik kapasite ölçümü (Wingate testi)	25
3.3.3. Bilişsel/Psikomotor testlerin uygulanışı	26
3.3.4. Hipoksi eğitimi ve deneyi	28
3.3.5. İstatistiksel analiz	29
4. BULGULAR	30
4.1. Genel Demografik Veriler	30
4.2. Fiziki Performans Ölçümleri	30
4.2.1. KPET ortalamaları	30
4.2.2. Wingate testi ortalamaları	30
4.3. Hipoksi Deneyi ve Nöropsikolojik Test Verilerinin Analizi	31
4.4. Aerobik ve Anaerobik Grup Nöropsikolojik Test Verilerinin Karşılaştırılması	36
4.5. Aerobik ve Anaerobik Grup Nöropsikolojik Test Verilerinin Dönemsel Değişimi	39
5. TARTIŞMA	46

6. SONUÇ ve ÖNERİLER	54
7. KAYNAKLAR DİZİNİ	56
8. EKLER	61
9. ÖZGEÇMİŞ	62



## **Tablo Dizini**

<b>Tablo 2.1</b> Hipobarik hipoksinin şiddetine göre sınıflaması.....	6
<b>Tablo 2.2</b> Akut olarak düşük atmosfer basınçlarına maruz kalmanın alveoldeki gaz konsantrasyonuna ve arteriyel oksijen doygunluğuna etkileri.....	7
<b>Tablo 2.3</b> Çeşitli yüksekliklerdeki etkili bilinç zamanı (EBZ) süreleri.....	11
<b>Tablo 3.1</b> Bruce protokolü egzersiz şeması.....	25
<b>Tablo 4.1</b> Elde edilen fiziki performans ölçüm sonuçları.....	31
<b>Tablo 4.2</b> Katılımcıların Go/NoGo ve Digit Span testlerinden elde edilen verileri.....	32
<b>Tablo 4.3</b> Aerobik etki incelemesi.....	37
<b>Tablo 4.4</b> Anaerobik etki incelemesi.....	38
<b>Tablo 4.5</b> Aerobik ve anaerobik kapasite göstergeleri ile nöropsikolojik test verilerin dönemsel değişimi arasındaki korelasyon tablosu.....	45

## Şekil Dizini

<b>Şekil 2.1</b> İskelet kaslarının kasılması için gerekli olan ATP enerji transfer sistemleri.....	17
<b>Şekil 3.1</b> Çalışma protokolü akış şeması.....	23
<b>Şekil 3.2</b> COSMED Omnia yazılımı aerobik kapasite ölçüm raporu örneği.....	24
<b>Şekil 3.3</b> Go/NoGo testi ekran görüntüsü.....	26
<b>Şekil 3.4</b> Digt Span testi ekran görüntüsü.....	27
<b>Şekil 4.1</b> Katılımcıların Go/NoGo testindeki P-Go tepki süresi ortalamalarının dönemsel karşılaştırması.....	33
<b>Şekil 4.2</b> Katılımcıların Go/NoGo testindeki R-Go tepki süresi ortalamalarının dönemsel karşılaştırması.....	33
<b>Şekil 4.3</b> Katılımcıların Go/NoGo testindeki ihmal hatası ortalamalarının dönemsel karşılaştırması.....	34
<b>Şekil 4.4</b> Katılımcıların Go/NoGo testindeki isabet yüzdesi ortalamalarının dönemsel karşılaştırması.....	34
<b>Şekil 4.5</b> Katılımcıların Digt Span testindeki bellek genişliği ortalamalarının dönemsel karşılaştırılması.....	35
<b>Şekil 4.6</b> Katılımcıların Digt Span testindeki doğru yanıt sayısı ortalamalarının dönemsel karşılaştırılması.....	35
<b>Şekil 4.7</b> Aerobik kapasitesi düşük ve aerobik kapasitesi yüksek grupların, Go/NoGo P-Go ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	39
<b>Şekil 4.8</b> Aerobik kapasitesi düşük ve aerobik kapasitesi yüksek grupların, Go/NoGo R-Go ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	39
<b>Şekil 4.9</b> Aerobik kapasitesi düşük ve aerobik kapasitesi yüksek grupların Go/NoGo isabet yüzdesi ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	40
<b>Şekil 4.10</b> Aerobik kapasitesi düşük ve aerobik kapasitesi yüksek grupların Go/NoGo ihmal hatası ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	40

<b>Şekil 4.11</b> Aerobik kapasitesi düşük ve aerobik kapasitesi yüksek grupların Digit Span bellek genişliği ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	41
<b>Şekil 4.12</b> Aerobik kapasitesi düşük ve aerobik kapasitesi yüksek grupların Digit Span doğru yanıt ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	41
<b>Şekil 4.13</b> Anaerobik kapasitesi düşük ve anaerobik kapasitesi yüksek grupların, Go/NoGo P-Go ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	42
<b>Şekil 4.14</b> Anaerobik kapasitesi düşük ve anaerobik kapasitesi yüksek grupların, Go/NoGo R-Go ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	42
<b>Şekil 4.15</b> Anaerobik kapasitesi düşük ve anaerobik kapasitesi yüksek grupların Go/NoGo testi isabet yüzdesi ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	43
<b>Şekil 4.16</b> Anaerobik kapasitesi düşük ve anaerobik kapasitesi yüksek grupların Go/NoGo testi ihmal hatası ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	43
<b>Şekil 4.17</b> Anaerobik kapasitesi düşük ve anaerobik kapasitesi yüksek grupların Digit Span testindeki bellek genişliği ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	44
<b>Şekil 4.18</b> Anaerobik kapasitesi düşük ve anaerobik kapasitesi yüksek grupların Digit Span testindeki doğru yanıt sayısı ortalamalarının dönemsel değişim grafiği.....	44

## Simge ve Kısaltmalar Dizini

ADP	: Adenozin iki-fosfat
AE	: Anaerobik eşik
AE0	: Aerobik kapasitesi düşük grup
AE1	: Aerobik kapasitesi yüksek grup
AK	: Aerobik kapasite (VO <sub>2</sub> maks)
AN0	: Anaerobik kapasitesi düşük grup
AN1	: Anaerobik kapasitesi yüksek grup
ANK	: Anaerobik kapasite
ATP	: Adenozin üç-fosfat
BG	: Bellek genişliği
BKİ	: Beden kitle indeksi
CO	: Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
COHb	: Karboksihemoglobin
CPU	: İşlemci
dk	: Dakika
DS	: Doğru yanıt sayısı
DSPAN	: Digit Span nöropsikolojik testi
EBZ	: Etkili bilinç zamanı
EEG	: Elektroensefalografi
EKG	: Elektrokardiografi
EÖ	: Eğitim öncesi
ES	: Eğitim sonrası
FAA	: Amerika Birleşik Devletleri Sivil Havacılık Kurumu
F <sub>iO<sub>2</sub></sub>	: Alınan havanın oksijen yüzdesi
fMRI	: İşlevsel manyetik rezonans görüntüleme
fNIR	: İşlevsel yakın kızılötesi spektroskopisi (Functional near-infrared spectroscopy)
ft	: Feet (yükseklik)
Ghz	: Gigahertz
GNG	: Go/NoGo nöropsikolojik testi
Hb	: Hemoglobin
HD	: Hipoksi dönemi
HIF	: Hipoksi ile uyarılabilir faktör (Hypoxia inducible factor)
İH	: İhmal hatası
İS%	: İsabet yüzdesi
KOG	: Kilo başına ortalama güç
KPET	: Kardiyopulmoner egzersiz testi
KZG	: Kilo başına zirve güç
MET	: Metabolik hız
mL	: Mililitre
mmHg	: Milimetre cıva basınç

O <sub>2</sub>	: Oksijen
OG	: Ortalama güç (Average power)
P <sub>ACO<sub>2</sub></sub>	: Alveoler karbondioksit pay basıncı
P <sub>AO<sub>2</sub></sub>	: Alveoler oksijen pay basıncı
P <sub>aO<sub>2</sub></sub>	: Atardamar oksijen pay basıncı
P <sub>CO<sub>2</sub></sub>	: Karbondioksit pay basıncı
PCr	: Fosfokreatinin
PEBL	: Psychology experiment building language
P <sub>O<sub>2</sub></sub>	: Oksijen pay basıncı
ppmv	: Parça başına milyon birim (Parts per million by volume)
ROS	: Reaktif oksijen ürünü
RQ	: Solunum katsayısı (Respiratory quotient)
S <sub>aO<sub>2</sub></sub>	: Atardamardan ölçülen O <sub>2</sub> doygunluğu
SKN	: Solunum kompensasyon noktası
S <sub>pO<sub>2</sub></sub>	: Parmaktan ölçülen O <sub>2</sub> doygunluğu
TS	: Tepki süresi
USAEM	: Uçucu Sağlık Araştırma ve Eğitim Merkezi Başkanlığı
VCO <sub>2</sub>	: Karbondioksit üretimi
VEGF	: Vasküler endotelial growth faktör
VO <sub>2</sub>	: Oksijen tüketimi
VO <sub>2</sub> max	: Zirve oksijen tüketimi (aerobik kapasite)
YEB	: Yükseklik eşdeğer basıncı
ZG	: Zirve güç (Peak power)

# 1- GİRİŞ VE AMAÇ

Canlılar için yaşamsal önemi olan oksijenin organizmada çeşitli nedenlerle yetersizliğine veya hücre metabolizmasında etkin olarak kullanılamaması durumlarına hipoksi denilmektedir. Yüksekliğe bağlı hipoksi (hipobarik hipoksi), hipoksi çeşitleri arasında hipoksemik hipoksi başlığı altında incelenmektedir. Hipoksinin organizmada akut ve kronik etkileri bulunmaktadır. Havacılıkta uçuş emniyeti açısından önemli olan hipoksinin saniyeler veya dakikalar içerisinde ortaya çıkan akut etkileridir. Akut hipobarik hipokside temel olarak nefes darlığı, parestezi, sersemlik, bulantı, taşikardi gibi belirtilerin yanı sıra özellikle uçuş emniyet riski oluşturan merkezi sinir sistemi kaynaklı psikomotor ve bilişsel (kognitif) bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Psikomotor performans düşüklüğünün yanı sıra dikkat, algı, kısa ve uzun dönem bellek ve işleyen bellek gibi bilişsel bozuklukların 3.600 metre (11.811 ft) yükseklikten itibaren başladığı ortaya konmuştur (Bonnon, Noel-Jorand, Therme, 1995). Bu nedenden uçuculara emniyetli koşullarda hipobarik hipoksi deneyimi yaşayabilecekleri ve bu durumlarda uçuşta ne tür önlemler alabileceklerini öğretmek amacıyla planlanan uçuş fizyolojisi eğitimlerinden birisi olan ve tezin ilerleyen bölümlerinde "hipoksi eğitimi" olarak bahsedilen ve yaklaşık 2 saat süren uygulamalı eğitim verilmektedir. Bu eğitim, genellikle 7620 metre (25.000 ft) yükseklik ile eşdeğer basınç (YEB) oluşturulmuş kapalı bir cihazda (alçak basınç odası) uçucuları 3-5 dakikalık hipobarik hipoksiye maruz bırakma şeklinde tasarlanmış bir eğitimidir. Uçucular hipokside iken bir yandan bilişsel işlev testleri yaparken bir yandan da kendilerinde hissettikleri öznel belirtilere konsantre olmaktadır. Bu belirtilerin kişiye özel oldukları, hatta herkesin kendine ait bir "hipoksi imzası" olduğu ve tekrarlayan hipoksi uygulamalarında benzer belirtilerin algılandığı bildirilmiştir (Smith, 2008).

Yeni nesil savaş uçakları kullanılırken pilotların uçuş sırasında yönetsel etkinlikleri ile zihinsel meşguliyetlerinin artacağı ve işlevlerinin yüksek düzeylerde kalmasının önemli olacağı öngörülmektedir. Yine uçucu performansının artırılmasına yönelik olarak uçucuların düzenli egzersiz alışkanlığı edinmeleri ve bilinçli spor yapmaları teşvik edilmektedir. Bilinçli spor yapmanın koşulu aerobik ve anaerobik kapasite artırıcı egzersizlerin bilinçli şekilde kişisel olarak kullanılması anlamını taşımaktadır.

Aerobik kapasite veya aerobik güç, dokulara en yüksek düzeyde oksijen taşınması ve kas dokusunun oksijen kullanım kapasitesidir. Aerobik güç ayrıca, kardiyovasküler sistem kapasitesinin önemli bir belirteçidir. Egzersiz sırasında gerekli enerjiyi oluşturmak için kullanılacak oksijeni kaslara ulaştırabilme kapasitesi olarak da tanımlanabilir. Aerobik egzersiz, oksijen varlığında büyük kas gruplarının uzun süreli, ritmik ve devamlı aktivitesidir (yürüme, koşma, bisiklet gibi). Aerobik kapasite, önceden belirlenen bir egzersiz test protokolü uygulanarak, gittikçe artan bir egzersiz testiyle yapılan en yüksek düzeyde bir



yüklemede erişilebilen ve ölçülebilen oksijen kullanımının (en yüksek oksijen hacmi=  $VO_2$ maks) en yüksek değeri olarak tanımlanır.  $VO_2$ maks, aerobik kapasitenin en iyi, kolay uygulanabilir ve güvenilir bir göstergesidir. Maksimal ve supramaksimal fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarının anaerobik enerji transfer sistemlerini kullanarak meydana getirdiği iş kapasitesi "anaerobik kapasite" olarak tanımlanmaktadır. Anaerobik kapasiteyi doğrudan ve objektif olarak ölçebilme şansımız bulunmamaktadır. Ölçüm, anaerobik gücü kısmen yansıtabilecek testler ve dolaylı yöntemlerle yapılabilir. Bunlardan Wingate testi yüksek güç değerleri elde edilmesi, daha geniş kas gruplarını kapsaması, doğal bir egzersiz olması, kastaki laktik asit ve anaerobik glikoliz hızını ölçmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda akut normobarik ya da hipobarik hipoksinin, hipoksinin derecesi ile orantılı olarak bilişsel ve psikomotor işlevleri genellikle olumsuz yönde etkilediği gösterilmiştir (Petrassi, Hodgkinson, Walters, Gaydos, 2012). Bununla birlikte hipoksik koşullarda fiziksel aktivite ve egzersizin etkileri ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır (Komiya vd., 2015). İvmelenme (G) kuvveti dayanıklılığını artırmak amacıyla düzenli anaerobik güç egzersizleri tavsiye edilmektedir (Kolegard, Mekjavic, Eiken, 2013). Fakat hipoksik koşullarda bilişsel ve psikomotor işlevleri etkileyen etkenler arasında sayılabileceğini varsaydığımız aerobik ve anaerobik egzersiz kapasitelerinin, hipoksik şartlarda bu işlevlere etkileri olup olmadığına yönelik bir çalışma bulunamamıştır. Havacılık tıbbı, egzersiz fizyolojisi, irtifa fizyolojisi ve bilişsel psikoloji gibi bilim alanlarının kesiştiği bir araştırma konusu olarak değerlendirilen uçucuların hipoksi durumlarında etkili bilinçlerinin korunmasına olumlu etkileri olabilecek egzersiz kapasitelerinin gelişimini sağlayacak egzersiz tiplerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bu tez çalışmasında katılımcıların aerobik ve anaerobik kapasiteleri belirlendikten sonra bu kapasitelerin birbirinden bağımsız olarak hipoksik şartlarda bilişsel ve psikomotor işlevlere etkileri analiz edilmiştir. Bu sayede uçuculara hipoksi toleranslarını artırabilmeleri için geliştirmeleri gereken egzersiz kapasitesi türü belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu tez çalışması bireysel görüş yansıtmakta olup Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini yansıtmamaktadır.

## **Hipotez**

H0: Aerobik veya anaerobik kapasitenin yüksek olmasının akut hipobarik hipoksizde psikomotor ve bilişsel işlevlere etkisi yoktur.

H1: Aerobik veya anaerobik kapasitenin yüksek olmasının akut hipobarik hipoksizde psikomotor ve bilişsel işlevlere etkisi vardır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Hipoksi; Çeşitleri ve Etkileri

Hipoksi, enerji metabolizması ve hücrelerin işlevleri için gerekli olan oksijenin herhangi bir nedene bağlı olarak yetersizliği olarak tanımlanır. Hipoksi, solunan havada, arteryel kanda veya dokuda oksijen miktarının normalin altına inmesidir. Sonuç olarak hücre düzeyinde oksijen eksikliği vardır. Dokudan dokuya değişmekle beraber yeterli oksijenasyon için doku düzeyinde gerekli olan en az oksijen pay basıncı ( $P_{O_2}$ ) 20 mmHg'dir. Normal pH ve ısıda bu değer hemoglobinin (Hb) %25 doygunluğuna eşdeğerdir. İstirahat halinde normal yetişkin birisinde ortalama oksijen tüketimi 250 ml/dk'dır. Bunun altındaki değerler hipoksiye neden olur. Anoksi, solunan gazlarda, arteryel kanda veya dokuda oksijenin tamamen ya da hemen tamamen yokluğudur. Hipoksemi ise arteryel kanın normalden az oksijenasyonudur.  $P_{aO_2}$ 'nin 80 mmHg'nin altına düşmesi hipoksemi olarak adlandırılır (Özhan, Şahin, Kunter, Balkan, 2010, s. 2). Fizyolojik olarak dört çeşit hipoksi tanımlanmaktadır;

1. Hipoksik hipoksi,
2. Hipemik (anemik) hipoksi,
3. Stagnant (iskemik) hipoksi,
4. Histotoksik hipoksi.

#### 2.1.1. Hipoksik hipoksi

Akciğer toplar damarında ölçülen  $P_{O_2}$ 'nin anormal seviyede düşüklüğü durumlarıdır. Nedenleri arasında solunan havadaki  $P_{O_2}$ 'nin (*hipobarik hipoksi*) veya oksijen oranının ( $F_{iO_2}$ ) normalden düşük olması (*normobarik hipoksi*), akciğer işlev ve difüzyon bozuklukları, tıkaçıcı hava yolu hastalıkları veya sağdan sola şant gibi hastalıklar bulunabilir. Havacılıkta ortaya çıkan ve uçuş emniyet riski oluşturan hipoksiler genellikle bu gruptadır (Gradwell, Rainford, 2006, s. 41).

#### 2.1.2. Hipemik (anemik) hipoksi

Kanın oksijen taşıma yeteneğinin azalması durumudur. Buna anemik hipoksi de denir. Fonksiyonel hemoglobin düzeyinin azalması, anormal alyuvar yapımı veya yıkımına bağlı olarak alyuvar sayısının azalması veya oksijen ile Hb'nin kimyasal birleşmesinde oluşan engellemeler sonucu olabilir. Örneğin atmosferde karbonmonoksit gazı (CO) yaklaşık 0,1 parça başına milyon birim (ppmv) kadardır. Hb'nin karbonmonoksiti bağlama gücü oksijene göre 250 kat daha yüksek olduğundan uzun süre CO solunursa CO hemoglobine bağlanarak karboksihemoglobin (COHb) oluşturur. Hemoglobin oksijen taşıyamaz ve

tehlikeli bir hipoksi oluşur. Hipemik hipokside alveoler  $P_{O_2}$  normal olmasına karşın, kanın hemoglobin ile oksijen taşıma yeteneği düşüktür. CO zehirlenmesi hariç yüksek oranda oksijen verilmesi hipemik hipokside etkili değildir (Gradwell, Rainford, 2006, s.41).

### **2.1.3. Stagnant (iskemik) hipoksi**

Gerek genel gerekse bölgesel kan akışının azalması sonucu dokuya giden oksijen miktarının azalması nedeniyle ortaya çıkan hipoksiye stagnant veya iskemik hipoksi denir. Alveoler ve arteriyel oksijen doygunluğu normal olabilir fakat dokuya ulaşan oksijen miktarı düşüktür. Kalpten toplam kan çıkışının azalmasına neden olan herhangi bir durum, genel bir hücrel hipoksiye neden olabilir.  $F_{I_{O_2}}$ 'nin yüksek olması stagnant hipokside perfüzyon artmadıkça çok az değere sahiptir. Bu tür hipokside venöz  $P_{O_2}$  düşüktür (Gradwell, Rainford, 2006, s.41).

### **2.1.4. Histotoksik hipoksi**

Hücrelere ulaşan oksijen miktarı yeterli olsa bile herhangi bir nedenle hücrelerin gelen oksijenden yeterince yararlanamama durumudur. Enerji oluşturmak için oksijen kullanan mitokondrilerde oksidatif fosforilasyon enzimleri engellenmiş olabilir. Örneğin siyanür mitokondrial solunum zincirinde sitokrom oksidaza bağlanarak oksidatif fosforilasyonu etkili bir şekilde engeller. Alveoler  $P_{O_2}$ ,  $P_{a_{O_2}}$  ve  $O_2$  doygunluğu normal olabilir. Hücrelerde oksijen kullanılmadığı için venöz  $P_{O_2}$  ve  $O_2$  doygunluğu normal değerinden yüksek ve arteriovenöz oksijen farkı çok azalmış olabilir. Narkotik maddeler de dokuların dehidrogenaz sistemlerini bozarak benzer bir etki oluşturabilir (Gradwell, Rainford, 2006, s.42).

### **2.1.5. Hipoksinin hücrel etkileri**

Hücrel oksijen düzeyinin DNA'yı, lipidleri ve proteinleri hasarlama yeteneğindeki reaktif oksijen (ROS) üretimini en aza indirmek ve oksidatif fosforilasyon ile diğer önemli metabolik reaksiyonları devam ettirebilmek için düzenlenmesi gereklidir (Pierson, 2000). Hipoksi hücrede geri dönüşlü veya dönüşsüz hücrel hasar ile hücre ölümüne neden olabilir. Farklı hücre türlerinin hipoksiden etkilenmeleri de farklıdır. Merkezi sinir sistemi hücreleri ve kalp hücreleri hipoksiye oldukça duyarlıdır (Similowski, 2001). Akut hipoksinin etkileri ilerde daha ayrıntılı incelenecektir. Canlılarda evrimsel süreçte oksijen homeostazisini sürdürebilmek için karmaşık kardiyovasküler, hematopoietik ve solunum sistemleri gelişmiştir. Önemli ölüm nedenlerinden olan kalp hastalıkları, kanser, serebrovasküler hastalıklar ve kronik obstruktif akciğer hastalığı gibi sorunların en önemli nedeni oksijen homeostazisinin bozulmasıdır.

Hücrede oksijen konsantrasyonuna duyarlı olan ve hipoksi inducibl faktör (HIF) olarak adlandırılan bir proteinin varlığı gösterilmiştir (Maxwell, 2005). HIF-1 protein yapılı bir transkripsiyon aktivatörüdür. Kronik devam eden hücrel oksijen konsantrasyonundaki azalmaya yanıt olarak gen ekspresyonundaki değişikliklere aracılık eder. Eritropoetin aracılığı ile alyuvar yapımı, anjiogenezi, vasküler endotelial growth faktörü (VEGF) glikoz taşıyıcılarını ve glikolitik enzimleri uyarır. HIF-1 normal gelişmede hipoksiye fizyolojik yanıtlarda ve yaygın bazı hastalıkların oluşmasında rol oynar. HIF-1'in düzenlediği gen ekspresyonu kronik hipoksiye karşı fizyolojik yanıtlara aracılık ederken, bazal HIF-1 aktivitesi akut hipoksik uyarılara sistemik yanıtların duyarlılığını düzenlemektedir (Özhan vd., 2010, s. 11).

### **2.1.6. Hipoksi ve havacılık**

Havacılıkta hipoksi söz konusu olduğunda genellikle akut yükseklik hipoksisi ya da akut hipobarik hipoksi anlaşılır ki bu sınıflamada hipoksik hipoksi olarak kabul edilen hipoksi çeşididir. Bununla beraber diğer hipoksi çeşitlerinin de havacılıkta risk oluşturabileceği akılda tutulmalıdır. Ayrıca havacılıkta saniyeler veya dakikalar içinde oluşan ve o sırada kişinin bilişsel ve psikomotor işlevlerini bozarak veya kişinin inkapasite olmasına yol açarak uçuş emniyet riski oluşturan akut hipoksi etkileri önemlidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta modern havacılıkta 3.048 m (10.000 ft) üzerinde uçacak hava araçlarında, yolcu ve mürettebatı hipoksinin olumsuz etkilerinden korumak üzere geliştirilmiş sistemler bulunmasıdır. Bu sistemler iki şekilde olabilir. 1- Maske ile %100'e kadar normalden yüksek oranda oksijen verebilen bireysel sistemler (oksijen sistemleri), 2- Hava aracının kabininde yapay bir yüksel basınç oluşturarak mürettebat ve yolcuların oksijen maskesinden bağımsız rahatça kabinde hareket edebilmelerine imkân veren sistemler (kabin basınçlama sistemleri). Genellikle uçakların çoğunda kabin basınçlama sistemi ile elde edilen kabin içi basıncı yaklaşık 2.438 m (8.000 ft) yükseklik ile eşdeğerdir. Söz konusu koruyucu sistemlerde ortaya çıkabilecek bir aksaklık durumlarında uçulan yüksekliğe bağlı olarak mürettebat ve yolcular hipoksi ile karşı karşıya kalırlar.

Modern havacılıkta akut hipoksinin en önemli nedenleri; (1) oksijen desteği olmadan yüksekliğe çıkmak (2) kişisel oksijen solunum ekipmanında oluşacak aksaklık (3) yükseklerde iken kabin basıncının düşmesidir. Yapılan bir çalışmada 14 yıllık sürede uçuşta rastlanan hipoksi olaylarının nedenleri arasında oksijen regülatörü arızası ve kabin basınç kaybının yani mekanik arızaların %50'nin üzerinde bir sıklıkta olduğu saptanmıştır (Gradwell, Rainford, 2006, s.43). Geçmişte hipoksi nedenli havacılık kazaları ve buna bağlı olarak can kaybı çok olması nedeniyle hem bu konuda teknolojik ilerlemeler teşvik edilmiş hem de personele hipoksi farkındalık eğitimleri verilmeye başlanmıştır. Askeri havacılıkta hem teorik eğitim hem de

uygulamalı olarak alçak basınç odası eğitimi verilmektedir. Hipoksinin fizyolojik etkileri ile ilgili çalışmalarda genellikle hipoksinin şiddetine göre hafif, orta ve ağır olarak incelendiği görülmektedir (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1.** Hipobarik hipoksinin şiddetine göre sınıflaması. Tablodaki değerler katılımcıların 30-60 dk bu yüksekliklerde ortam havası soluması ile elde edilmiştir (Davis, Johnson, Stepanek, Fogarty, 2008, s. 31-32).

Hipoksi Şiddeti	Yükseklik (Ortam)	P <sub>atm</sub> (mmHg)	P <sub>o<sub>2</sub></sub> (mmHg)	P <sub>A<sub>o<sub>2</sub></sub></sub> (mmHg)	P <sub>a<sub>o<sub>2</sub></sub></sub> (mmHg)	P <sub>A<sub>co<sub>2</sub></sub></sub> (mmHg)	S <sub>a<sub>o<sub>2</sub></sub></sub> (% Hb)
Hafif	2.438-3657 m (8.000-12.000 ft)	564-483	118-100	68-54	56-43	36-33	93-84
Orta	3657-5.486 m (12.000-18.000 ft)	483-380	100-80	54-38	43-32	33-30	84-72
Ağır	5.486 m (18.000 ft) ve üzeri	380 ve altı	80 ve altı	38 ve altı	32 ve altı	30 ve altı	72 ve altı

### 2.1.7. Akut hipobarik hipoksi

Fizyolojik olarak insanın, 3.048 m (10.000 ft) yüksekliğe kadarki oksijen yetersizliğine katlanabildiği kabul edilir. Bu yüksekliklerde yaşayan yerli halklar olmasına rağmen, deniz seviyesinde yaşamakta olan birisi aniden Everest tepesine 8.882 m (29.141 ft) eşdeğer bir yüksekliğe çıkarılırsa oksijen yetersizliğinden birkaç dakika içinde bilincini kaybedip ölebilir. Havanın yeryüzüne doğru yoğunlaşması nedeniyle basınç, yükseklikle doğru orantılı olarak düşmez. Dalton gaz kanunu gereği aynı olay oksijen basıncı için de geçerlidir. Tablo 2.2’de akut olarak düşük atmosfer basınçlarına maruz kalmanın yükseklerde alveoldeki gaz konsantrasyonuna ve arteriyel oksijen doygunluğuna etkileri gösterilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi barometrik basıncın düşmesi ve orantılı olarak oksijenin düşmesi yükseklik fizyolojisindeki tüm hipoksik problemlerin temel nedenidir. CO<sub>2</sub> çok yükseklerde bile sürekli pulmoner arterlerden alveollere atılır. Aynı anda solunum yüzeylelerinden buharlaşan su da soluk havasına katılır. Böylece bu iki gaz alveollerdeki oksijeni seyrelterek konsantrasyonunu düşürür. Beden sıcaklığı normal kaldığı sürece su buharı basıncı yükseklik ile değişmeksizin alveollerde 47 mmHg olarak kalır. CO<sub>2</sub>’ye gelince yükseklerde çıkıldığında alveol P<sub>co<sub>2</sub></sub>’si deniz seviyesindeki değeri olan 40 mmHg’dan daha aşağıya düşer. Bunun sonucu olarak kanda hipokapni gelişir. Hipokapni de beyin kan akışının azalmasına neden olur.

**Tablo 2.2.** Akut olarak düşük atmosfer basınçlarına maruz kalmanın alveoldeki gaz konsantrasyonuna ve arteriyel oksijen doygunluğuna etkileri (Hall, Guyton, 2013, s. 528).

Yükseklik (ft)	Barometrik Basınç (mm Hg)	Havada PO <sub>2</sub> (mm Hg)	Hava Solunumu			%100 Oksijen Solunumu		
			Alveolde PCO <sub>2</sub> (mm Hg)	Alveolde PO <sub>2</sub> (mm Hg)	Arteriyel Oksijen Doygunluğu (%)	Alveolde PCO <sub>2</sub> (mm Hg)	Alveolde PO <sub>2</sub> (mm Hg)	Arteriyel Oksijen Doygunluğu (%)
0	760	159	40 (40)	104 (104)	97 (97)	40	673	100
10,000	523	110	36 (23)	67 (77)	90 (92)	40	436	100
20,000	349	73	24 (10)	40 (53)	73 (85)	40	262	100
30,000	226	47	24 (7)	18 (30)	24 (38)	40	139	99
40,000	141	29				36	58	84
50,000	87	18				24	16	15

\* Parantez içindeki sayılar aklimatize değerlerdir.

Yaklaşık 9.144 m (30.000 ft) yüksekliğe çıkan birisinin alveoler Po<sub>2</sub> değeri 18 mmHg düzeyine düşer. Bu durumda, birey hava yerine saf (%100) oksijen solursa (Tablo 2.2 son üç sütun) alveollerindeki azotun kapladığı alanlar oksijenle dolar ve alveoler Po<sub>2</sub> 139 mmHg'ye yükselir.

Hipobarik hipoksinin bulguları solunum, dolaşım ve sinir sistemi etkilerinin kombinasyonu bir tablo şeklindedir. Semptom ve bulguların ortaya çıkış sırası ve şiddeti maruz kalınan hipoksinin şiddetine ve süresine bağlıdır. Aynı koşullarda bireysel farklılıklar da olabilmektedir. Bir defa tanınan semptomlar, genellikle zamanla değişiklik göstermez (Smith, 2008). Hipoksinin belirtileri, hem gözleyici tarafından algılanan nesnel belirtiler, hem de kişinin kendisi tarafından hissedilen öznel belirtiler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Bazı durumlarda özel bir reaksiyon hem birey hem de gözlemci tarafından fark edilebilir.

**Nesnel belirtiler:** Uçucu tarafından fark edilemeyen ama gözlemci tarafından tanınabilen belirtiler şunlar olabilir.

- \* Solunum sayısı ve derinliğinin artması,
- \* Morarma (siyanoz),
- \* Zihin bulanıklığı,
- \* Yargı zafiyeti,
- \* Kas koordinasyon bozukluğu,
- \* Bilinç kaybı.

**Öznel belirtiler:** Hipoksideki kişinin gerçek olarak hissedebildiği ve tanımlayabildiği belirtiler uçucular için çok önemli işaretlerdir. Bu semptomlar gerçek uçuşta veya alçak basınç odası eğitimlerinde oluşan hipoksinin tanınmasında önemlidir. Hipoksideki kişiler tarafından en sık rapor edilmiş olan öznel belirtiler şunlardır;

- \* Hava açlığı veya oksijen isteği,
- \* Korku, heyecan hissi,
- \* Baş ağrısı, baş dönmesi,
- \* Yorgunluk,
- \* Bulantı,
- \* Sıcaklık veya soğukluk hissi,
- \* Bulanık görüş, tünel görüşü,
- \* Karıncalanma, uyuşukluk,
- \* Öfori (anlamsız keyif ve kendine güven artışı).

Akut hipobarik hipoksinin fizyolojik etkileri ve bedenin verdiği düzeltici yanıtlar üç grupta incelenebilir. Bunlar solunum sistemi, dolaşım sistemi ve sinir sistemi yanıtlarıdır.

### **2.1.7.1. Solunum sistemi yanıtları**

Akut hipoksiye solunum sisteminin yanıtı hipoksiye neden olan düşük basıncın ortaya çıkış hızına ve boyutuna göre değişmektedir. Deniz seviyesinden 2.438-3.048 m (8.000-10.000 ft) yüksekliğin üzerinde alveoler  $P_{O_2}$  solunumu hızlandıracak seviyelere düşmektedir. Bunun sonucu olarak alveoler  $P_{CO_2}$  artmış alveoler ventilasyon nedeniyle düşmeye başlar. Akut 5.486 m (18.000 ft) hipoksidede istirahat halindeki bir kişinin akciğer ventilasyonu, deniz seviyesindeki göre %20-50, 6.705 m (22.000 ft) hipoksidede ise deniz seviyesindeki göre %40-60 artabilir. 6096 m (20.000 ft) metreye kadar hipoksi tarafından uyarılan solunum ve kardiyak output artışı nedeniyle hafif artan  $CO_2$  üretimi, orantısız olarak daha fazla artış gösteren akciğer ventilasyonu nedeniyle kandaki  $P_{CO_2}$  düşüşüne engel olamaz. Bunun sonucu olarak solunum katsayısı (RQ) hipoksinin başlangıcındaki değerden fazla olarak artış gösterir. Fakat bir süre sonra yavaşça eski değerine düşmeye başlar. Akut hipoksidede dinlenme durumunda venöz  $P_{O_2}$  ile alveoler  $P_{O_2}$  arasındaki fark belirgin olarak azalmaktadır. Fakat alveol ve kılcal difüzyon karakteristiği sayesinde akciğer toplardamar  $P_{O_2}$ 'si ile alveol  $P_{O_2}$ 'si eşit olabilmektedir. Bu sayede orta seviyede bir hipoksidede arteriyel  $P_{O_2}$  alveoler  $P_{O_2}$ 'den yalnızca 8 mmHg düşükken alveoler  $P_{CO_2}$ , arteriyel  $P_{CO_2}$  ile yaklaşık aynı olabilir. Bununla beraber belli yükseklikte, hipoksi altında kandaki ve alveoldeki gaz basınç değerleri aynı kişide zamanla ve kişiden kişiye değişkenlik göstermektedir (Gradwell, Rainford, 2006, s. 43-44).

### **2.1.7.2. Dolaşım sistemi yanıtları**

Normalde dokuya olan kan akım hızı o dokuya ulaşan oksijen basıncını belirleyen en önemli etkendir. Hipoksidede kandaki oksijen basıncı düşmesi sonucu sistemik ve bölgesel kan akım dinamikleri de bu durumdan etkilenir. Nadiren de vazavagal senkop gibi bir durum eklenerek tablo karışabilir. Akut

hipobarik hipokside yaklaşık 1.828-2.438 m (6.000-8.000 ft) yükseklikten başlayarak kalp hızı deniz seviyesindeki değerlere göre belirgin şekilde artmaya başlar. Bu artış 4.572 (15.000 ft) metrede %10-15, 6.096 (20.000 ft) metrede %20-25 ve 7620 (25.000 ft) metrede %50 olarak gerçekleşir. Bu sırada özellikle kalbin atım hacmi değişmese de nabız artışına bağlı olarak orantısız bir kalp çıkış hacmi (kardiyak output) artışı olabilir. Sistolik basınç artışı ve periferik rezistans düşüşü birlikte değerlendirildiğinde orta düzeyde bir hipokside nabız basıncı artışına karşılık ortalama arteriyel basıncın değişmediği kabul edilebilir. Bölgesel ve vazomotor mekanizmalar tarafından kanın yeniden dağılımı söz konusudur. Bu düzenlemede yürek ve beyin gibi önemli organlara kan akışı artırılırken deri, sindirim ve böbreklere olan kan akışı azaltılır. İskelet kaslarına giden kan miktarı ise yaklaşık %30-100 artar. Kalp atım hacmi artışından kaynaklanan miyokardın metabolik ihtiyacı sonucu koroner kan akımı da orantılı olarak artar. Bu artış o kadar çoktur ki örneğin 7620 (25.000 ft) metrede kişi bilincini kaybetse bile belirgin bir EKG bulgusu oluşmaz. Fakat hipoksi arttıkça arteriyel  $P_{O_2}$ 'nin düşmesi sonucu miyokardiyal depresyon bulguları başlar (ST segment depresyonu, T dalgasının boyunun kısalması vb). İleri aşamada ritim ve ileti bozuklukları ve hatta hayati tehlike dahi ortaya çıkabilir. Hipobarik hipokside beyin kan akımının da arteriyel oksijen ve karbondioksit değişimlerine duyarlı olması bakımından önem taşımaktadır. 45-50 mmHg'nin üzerindeki arteriyel  $P_{O_2}$ 'lerde beyin kan akımı yalnızca arteriyel  $P_{CO_2}$  ile 20-50 mmHg aralığında doğru orantılı olarak değişir. Örnek olarak  $P_{CO_2}$ 'nin normal 40 mmHg'den 20 mmHg'ye düşmesi beyin kan akımının da yarı yarıya düşmesi anlamını taşır. Arteriyel  $P_{O_2}$ 'nin 45 mmHg'nin altına düşmesi hipoksik vazodilatasyonu uyarır ve beyin kan akımı artış gösterir. Böylece hipoksinin vazodilatör etkisi ile hipoksinin uyardığı solunum artışı sonucu oluşan arteriyel  $P_{CO_2}$  azalmasının beyin kan akımı üzerine dengeleyici etkileri ortaya çıkar (Gradwell, Rainford, 2006, s. 48-51).

### **2.1.7.3. Sinir sistemi yanıtları**

Nöron uyarılabilirliği yeterli oksijen sunumuna oldukça duyarlıdır. Oksijenin birkaç saniye için kesilmesi bazı nöronların uyarılabilirliklerini tamamen kaybetmelerine neden olabilir (Hall, Guyton, 2013, s. 557). Hipobarik hipokside bireysel farklılıklar olmasına rağmen oksijen yetersizliği nedeniyle psikolojik performans bozukluğu havacılıkta oldukça önemlidir. Hipoksiye solunum cevabı ile ortaya çıkan kandaki  $P_{CO_2}$  değişiklikleri ve bunun neden olduğu beyin kan akımı azalmasının bu tür sorunların oluşmasında rol oynadığı düşünülmektedir. Akut hipoksiye sinir sistemi yanıtları dört ana başlıkta açıklanacaktır (Gradwell, Rainford, 2006, s. 51).



### **2.1.7.3.1. Bilışsel (kognitif) işlev bozuklukları**

Beynin düşünme, bilgiyi işleme, depolama ve sorun çözme yeteneklerindeki algı, hatırlama, düşünme, muhakeme gibi işlevlerinin biri ya da birkaçında beraber ortaya çıkabilen ve beynin işlevselliğini bozan bir süreçtir. 3.048 (10.000 ft) metreye kadar ve özellikle alveoler  $P_{O_2}$  55 mmHg'nin üzerinde kaldığı sürece önceden öğrenilmiş kodlama (coding) ve kavramsal akıl yürütme (reasoning) görevleri etkilenmez. Alveoler oksijen basıncının düşmesi ile beraber bu işlevler yüksekliğe bağlı olarak giderek bozulur. Basit kodlama testini tamamlamak için gerekli süre 4.572 (15.000 ft) metre yükseklikte %10-15, 5.486 (18.000 ft) metre yükseklikte %40-50 artar. Kavramsal akıl yürütme testleri için bu bozulma daha fazladır. Kısa ve uzun dönem bellek işlevleri kelime eşleme ve şekil ile pozisyonu hemen veya gecikmiş hatırlama testleri ile ölçüldüğünde alveoler  $P_{O_2}$  60 mmHg'ye düştüğü zaman belirgin şekilde etkilenmeye başlar. Bellek test başarıları 4.572 (15.000 ft) metrede %25 azalır. 2.438 (8.000 ft) metre yükseklikte hava soluma durumunda yeni beceriler kazanma testinin daha uzun sürede tamamlandığı rapor edilmiştir. Karmaşık seçmeli reaksiyon süre testlerinin deniz seviyesine göre iki kat uzadığı tespit edilmiştir. Bireysel farklılıklar belirgin olsa da birçok çalışma sonucunda bu tür becerilerin 1.524-1.828 (5.000-6.000 ft) metre yükseklikten başlayarak bozulduğu kabul edilmektedir. Hafif hipoksinin serebral etki mekanizması tam olarak anlaşılammış fakat oksidatif fosforilasyon eksikliğinden ziyade beyinde oksijenasyon gecikmesi ve bunun sonucunda nörotransmitter oluşumunun aksaması suçlanmıştır. Bunun nedeni olarak da serebral venöz kanın  $P_{O_2}$ 'sinin 8.000 feet yükseklikte yalnızca 2-4 mmHg düşmesi gösterilmiştir (Gradwell, Rainford, 2006, s.51).

### **2.1.7.3.2. Psikomotor işlev bozuklukları**

Psikomotor işlevler, motor ve beden dili davranış yanıtları oluşturan duygudurum, konsantrasyon ve kişisel özellik bileşenlerine sahip psikolojik süreçlerdir. İyi öğrenilmiş ve tekrarlanmış görevler yaklaşık 3.048 m (10.000 ft) yüksekliklere kadar korunmaktadır. Fakat alveoler  $P_{O_2}$  38-40 mmHg'nin altına doğru gerilemeye başlayınca [4.876-5.486 m (16.000-18.000 ft ve üzeri)] basit reaksiyon zamanları artmaya başlamaktadır. 35 mmHg alveoler  $P_{O_2}$  koşullarında reaksiyon zamanı %50 artmaktadır. Simülatör eğitimleri ile iyi öğrenilmiş aletli uçuş kuralları gibi karmaşık el-göz koordinasyonu isteyen görevler alveoler  $P_{O_2}$  55 mmHg'nin altına düşmedikçe [3.048 m (10.000 ft) üzerinde hava soluma] etkilenmemektedir. Eğer alveoler  $P_{O_2}$  50 mmHg'nin altına düşerse [3.657 m (12.000 ft) üzerinde hava soluma] hız, yön ve yükseklik ayarlama gibi görev işlem başarısında %10 azalma saptanmıştır. Bu azalma alveoler  $P_{O_2}$  40-45 aralığında [4.572 m (15.000 ft)] %20-30'a çıkabilmektedir. Psikomotor bozulma kas koordinasyon bozukluğu ile iyice karmaşıklaşır. 4.572 m (15.000 ft) üzerinde ellerde hafif titreme başlaması

sabit bir kontrol manevrasını bozabilecek seviyede olabilir. Kas koordinasyon bozukluğu daha yükseklerde artmaya devam ederek kişinin el yazısını tanınmaz veya okunmaz hale getirebilir (Gradwell, Rainford, 2006, s. 51).

### 2.1.7.3.3. Görme duyusu bozuklukları

Görme alanının kararması akut hipoksinin bulguları arasındadır. Fakat kişi bunu ancak oksijen yetersizliği son bulduğunda ya da etrafın aydınlık seviyesi arttığında fark edebilir. Alveoler  $P_{O_2}$ 'nin 75 mmHg olduğu [1524 m (5.000 ft)] hafif hipoksilerde bile karanlığa uyum sağlamış gözlerin (skotopik görüş, çubuk hücreleri) ışığa karşı olan duyarlılıklarının bozulduğu gösterilmiştir. Bu bozulma özellikle alveoler  $P_{O_2}$ 'nin 50 mmHg'nin altına düştüğünde [3.657 m (12.000 ft) ve üzeri] daha belirginleşir. Retinanın parlak ışığa duyarlılığı (fotopik görüş, kon hücreleri) alveoler  $P_{O_2}$  40 mmHg'nin altına düşmediği sürece bozulmaz. Orta ve ciddi derecede hipoksilerde merkezi görüş durumu yani "tünel görüş" denen çevresel görmenin azaldığı durum ortaya çıkabilmektedir (Gradwell, Rainford, 2006, s. 52).

### 2.1.7.3.4. Etkili bilinç zamanı-EBZ (time of useful consciousness-TUC)

Oksijeni yetersiz hava solumanın başlangıcından başlayıp belirgin derecede performans bozukluğunun başlangıcına kadar geçen süreye "etkili bilinç zamanı" (EBZ) denir. Buradaki belirgin derecede performans bozukluğundan karmaşık psikomotor görevleri yapamama, sözel komutlara yanıtızlık gibi durumlar kastedilir. Pratikte ise kişinin kendi durumunu kurtarabileceği son anlar ya da arteriyel oksijen doygunluğunun %60'ın altına düşmesi anlaşılır (Gradwell, Rainford, 2006, s.54). Söz konusu süreler kişiden kişiye ve yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3.** Çeşitli yüksekliklerdeki etkili bilinç zamanı (EBZ) süreleri (Davis vd., 2008, s. 34).

Yükseklik		Etkili Bilinç Zamanı
m	ft	
5.486	18.000	20-30 dk
6.705	22.000	10 dk
7.620	25.000	3-5 dk
8.534	28.000	2,5-3 dk
9.144	30.000	1-2 dk
10.668	35.000	0,5-1 dk
12.192	40.000	15-20 sn
13.106	43.000	9-12 sn
15.240	50.000	9-12 sn

### 2.1.8. Uçuşta hipobarik hipoksi önlemleri

Hipobarikhipoksinin genel olarak tedavisi için %100 oksijen kullanılması öngörülür. Eğer solunum durmuşsa %100 oksijenle birlikte suni solunum uygulaması gerekir. Periferik dolaşım bozukluğu varsa, önce hipoksinin türü belirlenmeli, ondan sonra da buna göre tedavi uygulanmalıdır. Alınabilecek önlemlerin bazıları aşağıda verilmiştir (Gradwell, Rainford, 2006, s.54; Davis vd., 2008, s. 34).

**Solunumun ayarlanması:** Hipoksi durumunda, azalan O<sub>2</sub>-Hb doygunluğuyla ilgili olarak solunumun sayısı ve derinliğinde artış olur. Bunun sonucu olarak da hiperventilasyon gelişir. Gelişen solunum hızlanması, solunum sayısını dakikada 12-16 olacak şekilde ayarlamakla kontrol altına alınabilir. Hipoksi ve hiperventilasyon semptomlarının birbirine çok benzemesi ve ayırt etmenin güç olması nedeniyle, alınacak önlemlerin her ikisini de kapsaması gerekir.

**İlave oksijen:** PaO<sub>2</sub>'de artış sağlamak amacıyla hipokside ilk önlem, durumun şiddetine bağlı olarak %100 veya basınçlı oksijen kullanmaktır. 10.363 m (34.000 ft) altında %100 oksijen uygulaması O<sub>2</sub>-Hb doygunluğunu deniz seviyesinde solunan havaya eşit duruma getirir. Ancak bu, yüze iyi uyan bir maskeyle ve arızasız oksijen sistemiyle gerçekleştirilebilir. Yüzde yüz oksijen uygulaması, kemoreseptörlerin etkisiyle artan solunumun azalttığı karbondioksite bağlı olarak ortaya çıkan hipokapni durumunu düzeltmez. Şiddetli hipoksi durumunda acil düzelme için pozitif basınçlı solunum uygulanır. Pozitif basınçlı solunumda pilot maskesine %100'e kadar oksijen oranı ile normalin biraz üzerinde basınçlı hava verilerek inpirasyon pasif hale getirilmek suretiyle uygulanmaktadır. 12.192 m (40.000 ft) üzerindeki yüksekliklerde ek basınç kullanılmaksızın oksijen doygunluğu düzeltilemez. Ayrıca, özellikle 3.048 m (10.000 ft) altındaki yüksekliklere alçalma, hipoksinin düzeltilmesinde yardımcı olur. EBZ süresi içinde alçalma, uçucunun emniyetli bir şekilde düzelmesini sağlar. Ani hipoksiye neden olabilecek oksijen arızası durumunda alçalma yapmak, hipoksinin önlenmesinde en emin yoldur.

**Oksijen donanımının kontrolü:** Hipoksiye neden olan ve çok sık rapor edilen bir olay da donanım arızasıdır. Uçuştan önce ve uçuş sırasında oksijen donanımının ara sıra kontrol edilmesi, bu tehlikenin meydana gelme olasılığını azaltır. Hipoksi olduğu zaman oksijen donanımını kontrol etmek, muhtemel nedenin belirlenebilmesinde yardımcı olur ve arızanın giderilmesi ile de problem çözülür. Gerekli önlemler alındığı halde durumda düzelme olmuyorsa oksijen yetersizliğinden şüphe edilebilir. Bu yüzden herhangi bir arıza olasılığına karşı, acil oksijen tüpü veya taşınabilir oksijen donanımı kullanılmalı, derhal alçalmalı ve oksijen sistemi gözden geçirilmelidir.

## **2.2. Bilişsel ve Psikomotor İşlevler**

### **2.2.1. Bilişsellik (kognisyon)**

Kognisyon kelimesi Latince "cognoso" yani bilmek fiili ile Yunanca "gnosis" yani bilgi, farkındalık kelimelerinin birleşmesinden gelmektedir. Bu kavramın tarihçesinde 15. yüzyılda "düşünmek ve farkına varmak" olarak kullanımı ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. 18 yüzyıl önce Aristo mantıksal olayların ve aklın insan deneyimlerini nasıl etkilediği konusundaki çalışmalarında bellek, algı ve zihinsel tasvir konularına yoğunlaşmıştır. Yunan filozof çalışmalarının ciddi bilimsel kanıtlara yani ciddi gözlem ve özenli deneylere dayanmasının önemini keşfetmiştir. Yüzyıllar sonra psikolojinin önemi anlaşıldıkça Avrupa'da ve Amerika'da bu konuda çalışan birçok bilim adamı iç görü konusunda, insan bellek kapasitesi alanında, sonralık etkisi kavramı ve günlük hayatta insanın deneyimleri (algı, bellek, mantık yürütme ve dikkat) alanında katkılar yapmışlardır (Coren, Ward, Enns, 1999).

Kognisyon, aralarında dikkat, bellek, dili kullanma ve anlama, öğrenme, muhakeme, problem çözme ve karar verme gibi bir grup zihinsel süreç için kullanılan bilimsel terimdir. Kapsadığı zihinsel işlemler arasında bilgi, dikkat, bellek ve işleyen bellek, karar verme, değerlendirme, mantık yürütme, hesap yapma, problem çözme, muhakeme, kavrama ve dil kullanımı bulunmaktadır. İnsanda kognisyon bilinçli veya bilinçsiz, bütünüyle veya özet, sezgisel veya kavramsal olabilir. Kognisyon sürecinde var olan bilgiyi kullanma ve yeni bilgi elde etme vardır. Psikoloji, felsefe, dilbilim ve bilişim bilimi gibi çeşitli bilimsel disiplinler kognisyonu da inceler. Ancak disiplinlere göre kognisyon teriminin kullanımı farklılık gösterebilir. Örneğin psikoloji ve bilişsel bilimde "kognisyon" genellikle bireyin psikolojik işlevlerinin bilgi işleme açısından bakış olarak kullanılır. Sosyal psikolojinin sosyal kognisyon dalı tutum, yükleme ve grup dinamiklerini açıklamaya çalışır (Blomberg, 2011).

### **2.2.2. Bellek (hafıza)**

Bellek, yaşananları, öğrenilen konuları, bunların geçmişle ilişkisini bilinçli olarak zihinde saklama gücüdür. Psikolojide bellek, bir organizmanın bilgiyi depolama, saklama ve sonrasında ise geri çağırma yeteneği olarak tanımlanmıştır. Bellekle ilgili ilk çalışmalar felsefe alanında yapılmış olup daha çok bellek geliştirme yöntemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında bellek konusu daha çok algılama psikolojisinin paradigması içerisinde ele alınmıştır. Son yıllarda ise algılama psikolojisi ve nörolojik bilimler ile bağlantılı bir bilim dalı olan algısal-nörolojik bilimlerin başlıca dallarından biri haline gelmiştir (Schoeke, Bittlin, n.d.). Belleğin sınıflandırılmasında süreye, bilginin doğasına ve geri çağırılmasına

bağlı olan birkaç yol vardır. Bilgi işlem prosedürü yönünden bakıldığında belleğin oluşturulması ve bilginin geri çağrılmasında üç ana aşama vardır:

1. Kodlama (alınan bilginin işlenmesi ve birleştirilmesi)
2. Depolama (kodlanan bilginin sürekli bir kaydının oluşturulması)
3. Geri çağırılma veya hatırlama (aktivite veya işlem sonucu oluşan ipucunun bilgiyi depodan geri çağırması veya hatırlatması)

### **2.2.2.1. Duyusal bellek**

Bir nesne algılandıktan sonra ilk 200-500 milisaniye (kişiden kişiye değişebilir) içerisinde duysal bellek devrededir. O nesneye bakabilme ve bir iki saniyelik gözlem sonrasında neye benzediğinin anımsanması veya ezberlenmesi duysal belleğin örnekleridir. Denekler, kendilerine çok kısa bir süre için gösterilen nesnelere hakkında genellikle gözlem sonrası hatırlayıp rapor edebileceklerinden daha fazlasını gördüklerini iddia ederler. Duyusal belleğin bu şekli ile ilgili ilk deneyler George Sperling tarafından "kısmi bildirim paradigması" kullanılarak yapılmıştır. Deneklere 3 sıra halinde 4'er harf bulunan 12 harfli tablolar (Ör: WPXT; MRCS; LHYD) kısa süreli olarak gösterilmiş ve daha sonra hangi harfin hangi sırada olduğunu bilmeleri istenmiştir. Sperling, bu "kısmi bildirim paradigması" deneyine dayanarak duysal belleğin yaklaşık olarak 12 nesne kapasiteli olduğunu ancak çok çabuk şekilde (birkaç yüz milisaniye içerisinde) yitirildiğini göstermiştir (Sperling, 1960). Çabuk yitirilmesi nedeniyle katılımcılardan 12 harfin tamamını unutmadan bildirememişlerdir. Bu tür bellek tekrarlama veya prova ile uzun süreli hale getirilemez (Schoeke, Bittlin, n.d.).

### **2.2.2.2. Kısa süreli bellek**

Duyusal bellek ile elde edilen bilginin bir kısmı kısa süreli belleğe iletilir. Kısa süreli bellek hatırlama denemesi veya prova yapmadan birkaç saniye içerisinde bazen bir dakikaya kadar geri çağrılabilme mümkün kılabilir. Fakat bunun da kapasitesi çok sınırlıdır. George A. Miller, Bell Laboratuvarlarında yaptığı deneylerde kısa süreli belleğin depolama kapasitesinin 7 nesne olduğunu meşhur "Sihirli sayı:  $7 \pm 2$ " listesiyle göstermiştir (Miller, 1956). Günümüzde yapılan tahminler ise kısa süreli belleğin kapasitesinin daha az olduğu yönündedir (4-5 kadar). Ancak gruplama yoluyla artırılabilirliği de belirtilmektedir (Schoeke, Bittlin, n.d.). Örneğin harfler şu sırayla gösterildiğinde: FBUPHDTWAIBM insanlar çok azını hatırlayabilmektedir. Fakat gruplar halinde gösterildiğinde: FBU PHD TWA IBM neredeyse tamamını anımsayabilirler. Bunun sebebi de bu şekilde bilginin anlamlı küçük gruplara ayrılmış olmasıdır. Bazı ülkelerde telefon numaralarının üçlü harf grupları halinde yazılması da bu nedendir. Kısa süreli belleğin görselden ziyade işitsel olarak şifrelendiği ve akustik olarak birbirine benzeyen (dog, hog, fog, bog)

kelime gruplarının bir arada tam olarak hatırlanamadığını Conrad testlerinde bulgu olarak göstermiştir (Conrad, 1964).

### **2.2.2.3. Uzun süreli bellek**

Kısa süreli bellek ve duysal belleğe zıt olarak, uzun süreli bellekte daha çok bilgi uzun süreler boyunca (bazen ömür boyu) saklanabilir. Örneğin, 7 haneli bir sayıyı okuduktan birkaç saniye içerisinde hemen unutulabilir ve kısa süreli bellekte ancak bu kadar tutulmuş olur. Ancak telefon numaralarını tekrar yoluyla ezberleyip yıllar boyunca ezberde tutabiliriz ki bu da uzun süreli bellekte depolanmasından kaynaklanır. Kısa süreli bellek şifrelemeyi akustik olarak yaparken, uzun süreli bellek anlamsal şifreleme yapar.

### **2.2.2.4. Çalışan bellek**

Çalışan bellek (working memory), temsillerin geçici olarak tutulduğu ve üzerlerinde manipülasyonların yapıldığı bellek bileşenidir. Kimi araştırmacılar çalışan bellek ve kısa süreli bellek terimlerini aynı anlama gelecek şekilde kullanır. Bazı araştırmacılar için çalışan bellek, bellek temsillerinin depolandığı ve manipüle edildiği bileşen olarak, temsillerin yalnızca depolandığı kısa süreli bellekten farklılık gösterir. Bunun yanı sıra, kimi bellek modellerince, çalışan belleğin uzun süreli bellek temsilleri üzerinde çalışma becerisinin oluşuyla da çalışan bellek, yalnızca depolama işleviyle tanımlanan bir kısa süreli bellek bileşeninden ayrıştırılabilir. Daha keskin bir görüşe göreyse, çalışan bellek kısa süreli bellekten ayrıştırılabilir bir bileşendir ve yalnızca dikkatle ilgili işlevlerle ilgilidir (Engle, 2002).

### **2.2.3. Dikkat**

Düşünceyi belli bir şey üstünde yoğunlaştırabilme gücüdür. Dikkat, bilincin odağıdır. Nesnel olarak, bütün duysal ya da belleğe yerleştirilmiş bilgilerden, daha sonra kullanmak için bir bölümünü seçmeyi gerektirir. Bir toplantıda konuşan çeşitli kişiler arasında yalnızca birini dinlerken bir resme bakarken şekilleri dikkate almaksızın yalnızca renklere yoğunlaşırken, kalabalıkta bir tanıdığı ararken ya da akıl bir problemi çözmeyi yoğunlaştırılırken, farklı verimlilik derecelerinde farklı dikkatler söz konusudur. Bireyin seçmek zorunda kalması algılamının, düşünmenin ya da birçok şeyin aynı anda yapmanın bir sınırı olduğunu gösterir (Schoeke, Bittlin, n.d.).

### **2.2.4. Bilişsel baskılanma (inhibisyon)**

Bilişsel baskılanma, aklın amaca uygun olmayan görev ya da tepkiyi baskılamaya yoluyla yok etmesidir. Bilişsel baskılanma bütünsel ya da bölümsel olarak bilinçli veya bilinçsiz yapılabilir (Gorfein, MacLeod, 2007). Bilişsel

baskılama sorunları arasında dikkat eksikliği, hiperaktivite bozukluğu ve obsesif kompulsif bozukluklar bulunur.

### **2.2.5. Yürütücü işlevler**

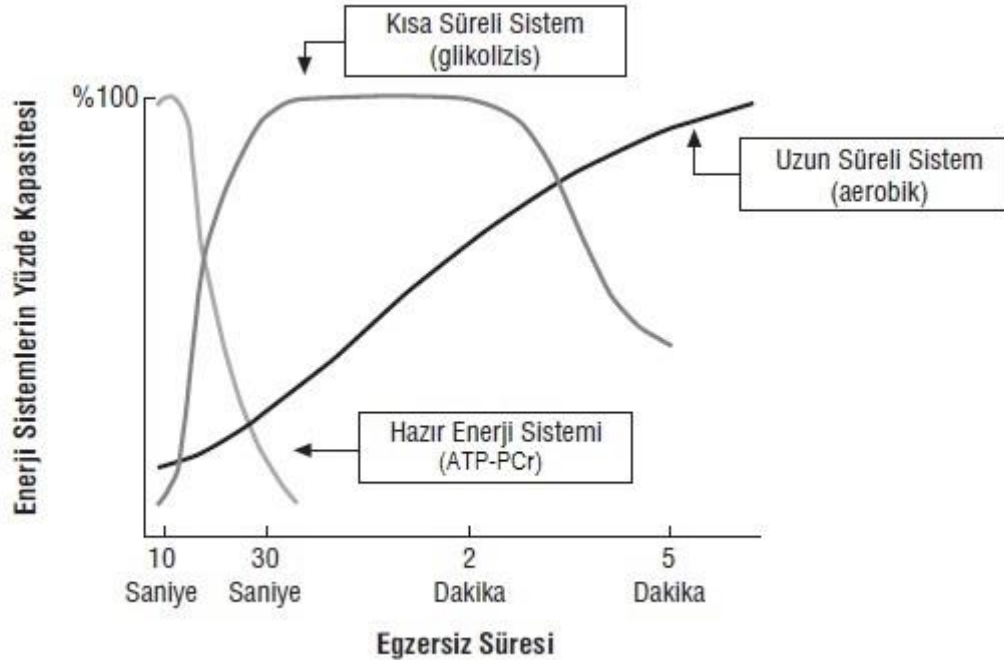
Yürütücü işlevler ileriye yönelik bir amaca erişmek için uygun problem çözme eğilimini sürdürmeyi sağlayan nörokognitif süreçlerdir (Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone, Pennington, 2005). Daha ayrıntılı olarak yürütücü işlevler karmaşık arama stratejileri başlatma, stratejileri uygulamaya koyma, bilgileri düzenleme, koordine etme, yorumlama, geliştirme, zamanda ve mekânda düzenleme, zamansal tahminler yapma ve koşula bağlı düşünmeyi içerir (Karakaş, 2004). Basitleştirilmiş bir modelde yürütücü işlevler karar vermeyi kolaylaştıran aşağıdan yukarıya bilişsel girdileri temsil etmektedir ki bunu durum için en uygun hareketi belirlemek amacıyla çalışan bellekteki olası seçenekler hakkındaki bilgiyi koruyarak ve bu bilgiyi güncel konumla ilgili verilerle birleştirerek yapmaktadır. Özetle yürütücü işlevler zihinsel faaliyeti başlatır, yönlendirir ve sürdürür. Frontal korteks ve onun striatal bağlantıları yürütücü işlevler için en önemli sinir sistemi yapıları olarak kabul edilmektedir (Petrides, 1994). Yürütücü işlevler dopamin tarafından modüle edilen talamusu, bazal ganglionları ve prefrontal korteksi içeren farklı paralel nöral ağlara yayılmıştır.

### **2.2.6. Psikolojik deneyim inşa dili (Psychology experiment building language-PEBL)**

PEBL psikolojik davranış testlerinin uygulanabildiği, tasarlanabildiği ve paylaşılabilirliği araştırmacılar ve klinisyenler için açık kaynak kodlu bir yazılım sistemidir. Çapraz bir platform özelliğinde, C++ programlama dilinde yazılan, Flex/Bison derleyici kullanılan program kodu ile uyarı sunumu, yanıt toplama ve veri kaydetme işlevleri yorumlanabilmektedir. PEBL test bataryası yaklaşık 70-80 çeşit kabul edilmiş davranış testi içermektedir. PEBL deneyleri söz konusu testlerin ne şekilde çalışacağını belirlenebildiği (ekran çözünürlüğü, katılımcı kayıt kodu vb.), test zinciri şeklinde testlerin ardı sıra başlamasına olanak veren başlatıcı bir yazılım ara yüzü ile çalıştırılmaktadır. PEBL test bataryasında soru-yanıt tabanlı kişilik testlerinden daha ziyade sayısal tabanlı bilişsel ve psikomotor testlere ağırlık verilmiştir. Söz konusu testler dikkat, bellek ve yürütücü kontrol işlevlerini değerlendirmeye yönelik tasarlanmıştır ve makul seviyede geçerlilik ve güvenilirlikleri bulunmaktadır (Mueller, Piper, 2014; Piper vd., 2015). Bu çalışmada kullanılan Go/NoGo ve Digit Span testleri PEBL tabanlı bataryalardır.

## 2.3. Maksimum Fiziki Performans ve Kapasite

Bir kişinin veya sporcunun fiziksel bir etkinliği (egzersiz, antrenman gibi) yerine getirmedeki yeterlilik kapasitesinin derecesi ve çeşitli fiziksel antrenman uygulamalarının etkinlik derecesi, o kişinin "maksimum performansı" olarak değerlendirilir (Joyner, Coyle, 2008). Maksimum performans değerlendirmesinde ana amaç, fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarında aerobik ve anaerobik metabolizmayla açığa çıkan enerji miktarının değerlendirilmesidir. İskelet kas dokusunda depo halinde bulunan ve yüksek enerjili fosfat bağlarına sahip bir bileşik olan adenozin trifosfattaki (ATP) son bağın indirgenmesiyle açığa çıkan enerji, insan hareketlerinin oluşumunda - kas kasılmalarında kullanılır (Yıldız, 2012). Egzersiz sırasında iskelet kaslarının kasılması için gerekli olan ATP miktarı üç ayrı enerji transfer sistemiyle sağlanır (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1.** İskelet kaslarının kasılması için gerekli olan ATP enerji transfer sistemleri (McArdle, Katch, Katch, 2000).

**2.3.1. Hazır enerji = ATP-fosfokreatinin enerji sistemi:** Kısa süreli yoğun egzersizler sırasında (halter, 100 m kısa mesafe koşular, 25 m hızlı yüzme, ağırlık kaldırma gibi) hızla, hemen devreye giren enerji transferidir. Bu tür enerji kas dokusu içinde bulunan depo edilmiş olan ATP ve fosfokreatinden (PCr) sağlanır (Scott, 2005). Hazır enerji sistemi, saniyeler içindeki çok hızlı ve yüksek yoğunluklu etkinlikler için kullanılmaktadır. Dört saniyelik fiziksel



etkinliklerde depo ATP yeterli olurken geri kalan etkinlik süresinde ATP yeniden üretimi diğer yüksek enerjili fosfat bileşiği fosfokreatinden sağlanır.

**2.3.2. Kısa süreli enerji = glikolitik enerji sistemi:** Kısa süreli yoğun egzersizin devamı için ATP'nin yeniden üretimi gerekir. ADP'nin fosforlanması, kastaki glikojenin pirüvik asitten laktik asite kadar yıkılmasını sağlayan anaerobik glikoliz yolu ile sağlanır. Anaerobik glikolizle elde edilip depo edilmiş olan ATP, egzersizin hızlı başlangıcında, 1500 m koşusunun son birkaç yüz metresinde veya 400 metrelik hız koşusunda, 100 metrelik hızlı yüzmede ve 200-400 metrelik hızlı yürüme yarışlarında enerji olarak kullanılır. Yapılan fiziksel etkinliğin süresi yaklaşık 2,5-3 dakika olan fiziksel etkinliklerde ağırlıklı olarak bu enerji sistemi devreye girer (Yıldız, 2012).

**2.3.3. Uzun süreli enerji = aerobik enerji sistemi:** Fiziksel etkinliğin süresi 1-3 dakikanın üzerine çıktığında ve dakikalarca ya da saatlerce devam ettiğinde (uzun süreli aktivite= dayanıklılık) genel olarak transfer edilen enerji sistemi aerobik enerji sistemidir. Bu enerji sisteminde glikoliz ve pirüvik asitin Krebs döngüsüne girmesi ile ortaya çıkan ATP kullanılır. Bir sportif etkinlikte bu enerji sistemleri, açılıp kapanma gibi ayrı ayrı değil, etkinliğin özelliğine göre (süre ve yoğunluk) birbiri içinde kayarak devreye girerler (Yıldız, 2012).

#### **2.3.4. Aerobik kapasite (Güç)**

Aerobik kapasite veya aerobik güç, en çok oksijen taşıma ve kas dokusunun oksijen kullanım kapasitesidir. Aerobik güç ayrıca, kardiyovasküler sistem kapasitesinin önemli bir belirticisidir. Dayanıklılık sporcularının antrenmanlarla kardiyovasküler sistemin dinamik egzersize uyum geliştirmesi sonucunda hipertrofik efektif kalp (= sporcu kalbi) gelişir. Dayanıklılık gelişmiş sporcularda egzersiz sırasında kalp debisi 5 kat yükselirken, akciğere girip çıkan hava hacmi 10-12 kat artar. Kalp hızı 2-3 kat yükselir. Kalp atım hacmi ise yaklaşık iki kat olur (120-150 mL). Kalp debisindeki artışa paralel olarak sistolik kan basıncı da yükselir. Diyastolik basınç ise ya aynı kalır ya da 10 mmHg kadar yükselebilir (McArdle vd., 2000).

Aerobik kapasite, egzersiz sırasında gerekli enerjiyi oluşturmak için kullanılacak oksijeni kaslara ulaştırabilme kapasitesi olarak da tanımlanabilir. Bu nedenle aerobik kapasite akciğerler, dolaşım ve hematolojik sistemlerin fizyolojik kapasitelerine ve egzersiz sırasında aktif olan kasların oksidatif mekanizmalarının etkinliğine bağlıdır (Yıldız, 2012). Aerobik kapasite, önceden belirlenen bir egzersiz test protokolü uygulanarak, gittikçe artan bir egzersizde en çok yüklenme sırasında erişilebilen ve ölçülebilen oksijen kullanımının en yüksek değeri (en çok oksijen tüketim hacmi=  $VO_2$ maks) olarak tanımlanır.  $VO_2$ maks, aerobik kapasitenin en iyi, kolay uygulanabilir ve güvenilir bir göstergesidir. Temelde  $VO_2$ maks değerinin doğruluğu kişinin/sporcunun yağsız beden kitlesi ile orantılıdır. Bu nedenle  $VO_2$ maks ölçüm biriminin yağsız beden

kitlesinin kilogramı başına belirtilmesi daha doğru olacaktır. Maksimal aerobik güç, iskelet kaslarının yaptığı iş kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir. Dayanıklılık sporlarında iskelet kaslarının kasılması için harcanan enerji, %100'e yaklaşan oranda aerobik enerji ile gerçekleşmektedir. En yüksek aerobik güç değeri solunum, dolaşım ve metabolik sistemlerin işlevsel kapasitelerinin göstergesidir. Bu sistemlerin fizyolojik işlev kapasiteleri ne kadar yüksekse  $VO_2$ maks da o kadar yüksek olacaktır (Scott, 2005). Aerobik güç oluşumuna etki eden etkenler arasında genetik, kondisyon seviyesi, cinsiyet, yaş, egzersiz modeli ve beden yapısı bulunur (McArdle vd., 2000).

### **2.3.5. Aerobik kapasitenin ölçülmesi**

Aerobik güç, yaygın olarak koşu bandı veya bisiklet ergometresi araçlarıyla, maksimal veya submaksimal egzersiz testi yapılırken, kesintisiz veya kesintili test uygulamaları sırasında EKG takibi ile ölçülür. İş yükü, kişi en çok oksijen tüketimine veya en çok kalp hızına erişinceye kadar gittikçe artırılır. Efor derecesi yükselirken, artan iş yüküne doğru orantılı olarak  $O_2$  kullanımı da artar. Bir noktada, yani tükenme noktasında, egzersiz yoğunluğu artırıldığı halde kullanılan oksijen miktarı değişmez. Bu zirve  $O_2$  kullanma değeri, kişinin  $VO_2$ maks değerini verir.  $RQ= 1,07-1,15$  değerine yükselmiş olmalıdır. Kalp hızının da maksimal kalp hızı değerine ulaşmış olması gerekir.  $VO_2$ maks ölçümü, kişiye/sporcuya önceden belirlenmiş "egzersiz test protokolleri" kullanılarak yoğunluğu gittikçe artan bir egzersiz testi uygulanarak, solunan gazların metabolik analiziyle yapılır.  $VO_2$ maks ölçümü iki yöntemle yapılır (McArdle vd., 2000).

1. Doğrudan ölçüm: Laboratuvar koşullarında maksimal yüklemde ekspirasyon havasındaki oksijen-karbondioksit miktarının oksijen ve karbondioksit gaz analizörleriyle ölçülmesi yöntemine dayanır (Ör: Douglas torbaları ve 'breath by breath' yöntemleri).

2. Dolaylı ölçüm: Submaksimal yüklemle kalp hızı, yük, zaman, mesafe vb. parametre değişiminden hesaplanır. Bu yöntem önceden hazırlanmış test protokolleriyle saha testlerinde de kullanılabilir.

Sedanter bir kişinin  $VO_2$ maks değerinin 2,5 L/dk olduğu, bu değer düzenli aerobik egzersiz ile yaklaşık dakikada 3 litreye yükseltilebileceği ve submaksimal oksijen alım hızının 2,25 L/dk olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan maksimal aerobik güç değerleri istirahat metabolik hız ( $MET=3,5$  mL/kg/dk) değerlerinin katları olarak da ifade edilebilir. Hareketsiz kişilerde 10 kat değerinin ( $VO_2$ maks  $3,5 \times 10 = 35$  mL/kg/dk) normal kabul edilmesine karşılık 12 kat ve üzeri (28-42 mL/kg/dk) MET değerleri, antrenman derecesi yüksekliğinin göstergesi olarak kabul edilir. Bu değer seçkin atletlerde 60-80 mL/kg/dk seviyesine çıkabilir. Eğer 20 mL/kg/dk altında ise aerobik güç yetersiz demektir. Erkek kır kayakçılarında ortalama 82 mL/kg/dk bulunmuştur (McArdle vd., 2000).

En yüksek etkinlikte "anaerobik eşik" ölçümü O<sub>2</sub> kullanımı ile doğrusal olmayan akciğer solunumdaki artma prensibine dayanır. Şiddeti gittikçe artan egzersiz testlerinde, egzersizin başlangıcında VCO<sub>2</sub>, kasların kullandığı oksijen miktarına VO<sub>2</sub> yanıt olarak oluşur. Egzersiz süresi ilerleyince, kasların iş yükü artar ve VCO<sub>2</sub>, oksijen kullanımına yanıt olarak değil de kan laktat tamponlanması sonucu yükselmeye başlar. VCO<sub>2</sub> gittikçe VO<sub>2</sub> eğrisinden uzaklaşır. Bu iki hacim eğrisi dikmelerinin birbirini kestiği noktaya, kırılma noktası "anaerobik eşik" denir. Bu noktada laktat birikmeye başlar. Solunumsal kompensatuar mekanizma nedeniyle hiperventilasyon ortaya çıkar (McArdle vd., 2000).

### **2.3.6. Anaerobik kapasite**

En yüksek fiziksel aktivite sırasında iskelet kaslarının anaerobik enerji transfer sistemlerini kullanarak meydana getirdiği iş kapasitesi "anaerobik kapasite" olarak tanımlanmaktadır. Bu işin birim zamandaki değeri ise "anaerobik güç" olarak ifade edilir (kg/sn, kg/dk, watt). Anaerobik iş, patlayıcı gücün ortaya konması anlamına gelen, anaerobik eşik değer üzerinde bir iş yükü olup, yorgunluk ile kendini gösteren fiziksel aktivite türüdür. Anaerobik aktiviteye uzun süre devam edilemez. Zira iskelet kasları dinlenim oksijen metabolizmasının çok üzerinde, anaerobik metabolizmayla çalışmaktadır. Bu durumda kas ve kan laktat seviyesi yükselir. Biriken laktatın tamponlanması akciğerlerden CO<sub>2</sub> atılımını artırır. pH düşmesi (pH=6,4) nedeniyle kaslarda yorgunluk ortaya çıkar (Myers, Ashley, 1997).

Ağırlık kaldırma, durarak sıçrama, yüksek atlama, gülle atma, cirit atma, sürat çıkışları (futbolda, voleybolda, basketbolda), 25 m hızlı yüzme gibi kısa süreli yoğun egzersiz veya sportif aktivitelerde, performansı yükseltmek amacıyla anaerobik güç değerlendirmesi yapmak çok önemlidir. Örneğin, 100 metre sürat koşusunda ilk 8-10 saniye içinde 0,43 mol ATP olmak üzere dakikada 2,5 mol ATP kullanıldığı, bunun tamamının fosfojen sistemden karşılandığı gösterilmiştir. On saniyeden daha kısa süreli maksimal aktivitelerde gerekli enerji fosfojen sistemden sağlanır. Halter, ağırlık kaldırma ve teniste servis atma gibi 4 saniye içinde yapılan sportif aktivitelerde, kas dokusundaki depo ATP kullanılır (Yıldız, 2012).

Anaerobik güce etki eden etkenler:

1. Kas lifi içinde ATP dönüşüm hızı yüksek olmalıdır.
2. Kişi iyi antrene olmalıdır. Antre kişilerin belirli bir gücü daha az fosfojen ve glikojen kullanarak ve daha düşük laktik asit üreterek oluşturdukları gösterilmiştir. Antrene kişi yüksek kan ve kas laktat düzeyine dayanabilir.
3. Kişi egzersiz sırasında iyi motive edilmelidir.
4. Metabolik asitleri (laktik asit gibi) tamponlama kapasitesi yüksek olmalıdır (kan laktat düzeyi 20-26 mM/L.).
5. Egzersiz başlangıcında kas glikojen depoları dolu değildir.

6. Düşük pH seviyesine (pH=6,4-6,8 gibi) tolerans gelişmelidir.

7. Kişinin aerobik kapasitesi yüksek olmalıdır. Toparlanma süresinde oksijen borcunun ödenmesi, laktatın hızla tamponlanması ve ATP-PCr depolarının hızla yeniden doldurulması aerobik kapasitenin yüksekliği ile doğru orantılıdır.

8. Antrenman programları ile Tip II kas liflerinde hipertrofi geliştirilmelidir.

### **2.3.7. Anaerobik kapasitenin ölçülmesi**

Anaerobik gücü doğrudan ölçebilme şansımız bulunmamaktadır. Anaerobik aktiviteye uzun süreli devam edilemez. Ölçüm, anaerobik gücü kısmen yansıtabilecek testler ve dolaylı yöntemlerle yapılabilir. Wingate testi yüksek güç değerleri elde edilmesi, daha geniş kas gruplarını kapsaması, doğal bir egzersiz olması, kastaki alaktik ve anaerobik glikoliz hızını ölçmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Üç dakika gibi kısa süreli yoğun egzersizlerde, kan laktat seviyesi egzersizle orantılı olarak artar ve 100 mL kanda 140 miligrama kadar yükselebilir. Bu test yapılırken kişiyi iyi motive etmek gerekir. Wingate test sonuçları ile kısa mesafe koşucularında ölçülen güç değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Wingate test normlarına göre erişkin ortalama güç değerleri, erkekte 662 watt, kadında 470 watt olarak bildirilmiştir (McArdle vd., 2000).

## **3- GEREÇ VE YÖNTEMLER**

### **3.1. Katılımcılar**

Çalışmaya Eskişehir'deki Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkez (USAEM) Başkanlığına uçuş fizyolojisi eğitimi amacıyla gönderilmiş 25 sağlıklı erkek pilot adayı gönüllü katılmışlardır. Katılımcıların seçimi, çalışma için belirlenen dönemde uçucu adayı sağlık muayenelerinden sağlam raporu alanlar arasından başvuru sırasına göre belirlenmiştir. Çalışmanın uygunluğu Eskişehir Osmangazi Üniversitesinin Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun 23 Şubat 2016 tarih ve 80558721/23 sayılı kararı ile onanmıştır.

### **3.2. Kullanılan Malzemeler**

Katılımcılar ilk olarak bu tezin yazarı tarafından uçuş fizyolojisi teorik eğitimine alındılar ve çalışma hakkında bilgilendirilerek gönüllü onam formu imzaladılar. Ayrıca katılımcılara anket uygulanarak genel bilgileri alındı.

#### **3.2.1. Fiziki performans ölçüm cihazları**

1. Koşu bandı (COSMED Quasar® h/p/Cosmos Threadmill),
2. Kardiyopulmoner egzersiz testi gaz analizör cihazı (COSMED Quark CPET),
3. Cihaz yazılımı (COSMED Omnia 1.4 Kardiyopulmoner Tanı Yazılımı),
4. Monark Ergometric 894E bisiklet ergometrisi ve Monark Anaerobik Test Software Version 2.1 yazılımı,
5. Kalp hızı takip cihazı (Garmin Premium Heart Rate Monitor).

#### **3.2.2. Bilişsel/psikomotor ölçüm cihazları**

1. 6 adet klavyeli ve dokunmatik ekranlı tablet bilgisayar, (Lenovo MIIX 3-1030 Intel® Atom™ CPU Z3735F @1.33 GHz işlemci ve 2 GB Ram).
2. Tablet bilgisayar işletim sistemi (Microsoft® Windows 8.1).
3. Tablet bilgisayar üzerine kurulu olan PEBL (Psychology Experiment Building Language) Version 0.14 test yazılımı ile bu yazılımda zincir şeklinde programlanmış Go/NoGo (GNG) ve Digit Span (DSPAN) nöropsikolojik testleri.

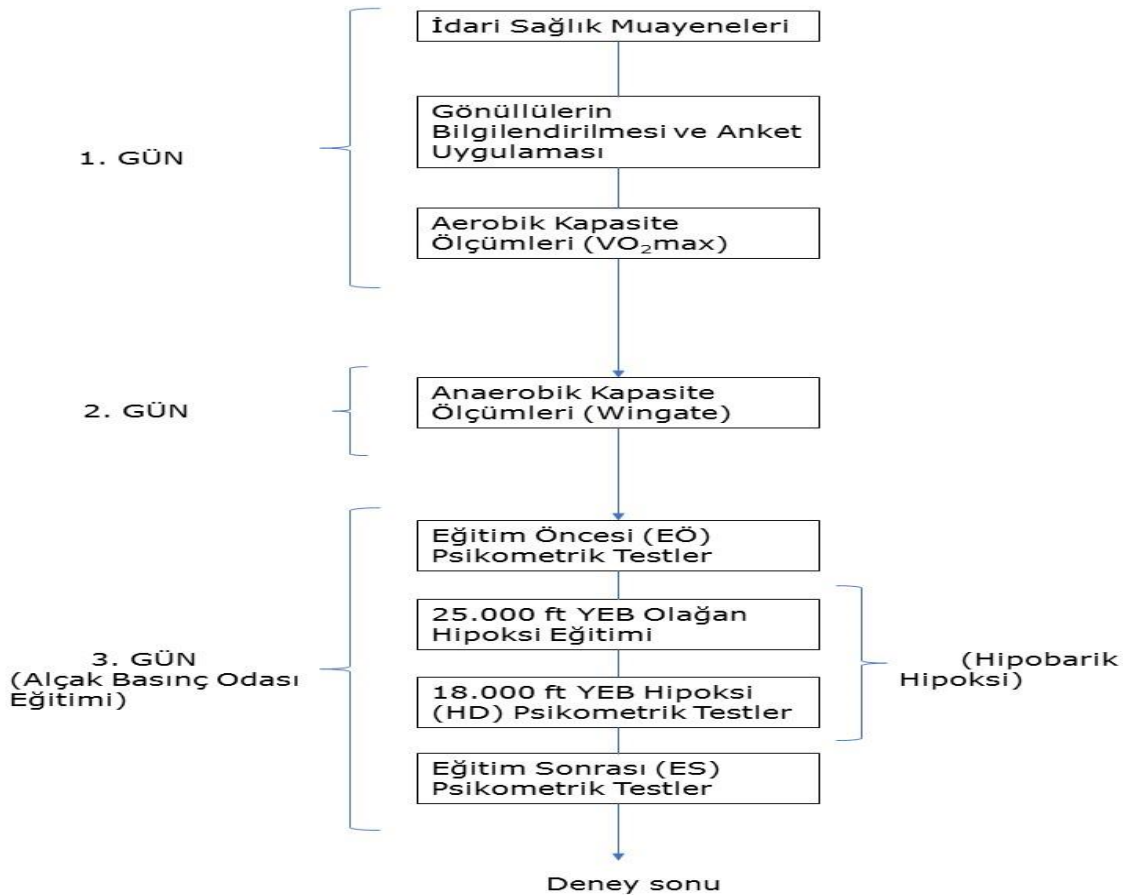
#### **3.2.3. Hipoksi eğitimi**

USAEM Başkanlığında bulunan ve eğitime girenlerin parmaktan O<sub>2</sub> doygunlukları (S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>) ve nabızları ölçülerek hipoksi eğitiminin verildiği alçak basınç kabini kullanıldı. Kalp hızı ve S<sub>p</sub>O<sub>2</sub> takibi için "ITAM BlueECG-240P" marka kablosuz cihazlar ve ilgili bilgisayar yazılımı kullanıldı. Yer şartları bakımından çalışma Eskişehir il merkezi rakımı olan 792m (2.598 ft)

yükseklikte yapıldı. İzmir ilinde (rakım: 30m 98 ft) ikamet etmekte olan katılımcıların tamamı eğitimlerden bir gün önce Eskişehir'e gelmişlerdir.

### 3.3. Çalışma Protokolü

Katılımcılara çalışmada uygulanacak fiziki performans ve nöropsikolojik testler ayrıntılı bir şekilde aktarıldıktan sonra anket uygulandı (EK-1). Bu ankette kişisel bilgiler, genel sağlık öyküsü, harp okulunda düzenli spor yapıp yapmadığı ve şu ana kadarki uçuş faaliyetlerinde bir sağlık sorunu yaşayıp yaşamadığı soruları soruldu. Katılımcılar koşu bandı, Wingate testi ve hipoksi eğitimlerinin her birine farklı günlerde alındılar (Şekil 3.1). Katılımcılara testlere girmeden önce çay, kahve vb. gibi uyarıcı maddeler ya da herhangi bir ilaç kullanmamaları söylendi.

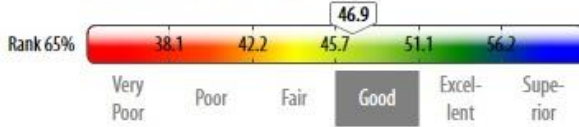


Şekil 3.1. Çalışma protokolü akış şeması.

### 3.3.1. Aerobik kapasite ölçümü (VO<sub>2</sub>maks)

Katılımcıların 5 gün süren uçuş fizyolojisi eğitim programı dâhilinde USAEM Başkanlığındaki Fiziki Kondisyon Laboratuvarında bulunan Cosmed marka koşu bandı ile KPET gaz analizör cihazı (COSMED Quark CPET) ve COSMED Omnia 1.4 Kardiyopulmoner Tanı Yazılımı yardımı ile Bruce protokolü uygulanarak aerobik kapasite ölçümleri yapıldı. Test 2,7 km/saat hız ve %10 eğimde 3 dakikalık ısınma periyodu ile başlatıldı ve ardından hız ve eğim artışları ile devam edildi (Tablo 3.1). Genellikle kişi teste devam edemeyeceğini bildirene kadar ölçüm sürdürüldü. Bunun dışında şiddetli göğüs ağrısı, ani gelişen solukluk ve terleme, siyanoz, zihinsel konfüzyon ve koordinasyonun bozulması, baş dönmesi, baygınlık hissi, şiddetli nefes darlığı hissi veya kişinin kendi isteği gibi nedenlerle de ölçüm sonlandırılabilir. Deney bitiminde 5 dk. toparlanma dönemi süresince katılımcıların kalp ritmi izlendi. Efor testi süresince metabolik gaz ölçer aleti ile "breath by breath" yöntemi uygulanarak soluk verme havasından metabolik ölçüm yapıldı.

Exercise Capacity VO<sub>2</sub>/Kg - mL/min/Kg



Interpretation:

At peak of exercise respiratory exchange ratio is 1.30, heart rate is 98% of predicted. Subject did not achieve maximal effort. Maximum oxygen uptake is 46.9 mL/min/Kg, which is normal. According to ACSM guideline, the exercise capacity is Good (65<sup>th</sup> percentile). Anaerobic Threshold has been identified at 25.2 mL/min/Kg and at 54% of the VO<sub>2</sub>max. At AT the speed is 5.50 Km/h and the elevation is 14.0%. Respiratory Compensation Point has been reached at 43.8 mL/min/Kg and at 93% of the VO<sub>2</sub>max. At RCP the speed is 6.80 Km/h and the elevation is 16.0%.

Confirm Report

Signature: \_\_\_\_\_

Spirometry		Pre	% Pred	Normal	Class		
FVC	L	0.00	0				
FEV1	L	0.00	0	> 0.00			
MVV	L/min	221.0	-				
Protocol		Meas.	AT	RC	Max	Normal	Class
t	s		06:13	10:03	12:33		
Speed	Kmh		5.50	6.80	8.00		
Grade	%		14.0	16.0	18.0		
Metabolic		Meas.	AT	RC	Max	Normal	Class
VO <sub>2</sub>	mL/min		2319	4028	4310	---	
VO <sub>2</sub> /Kg	mL/min/Kg		25.2	43.8	46.9	> 42.2	Good
METS	---		7.2	12.5	13.4	---	
RQ	---		0.96	1.15	1.30	---	

Şekil 3.2. COSMED Omnia 1.4 Yazılımı aerobik kapasite ölçüm raporu örneği.

Bir örneği Şekil 3.2’de gösterilen örnek raporda olduğu gibi her katılımcı için yazılım tarafından V-slope yöntemi ile hesaplanan aerobik kapasite (AK=VO<sub>2</sub>maks), anaerobik eşik (AE%) ve solunum kompensasyon noktası

(SKN%) parametreleri tespit edildi. Kalibrasyon o günün atmosfer basıncı, oda sıcaklığı ve havanın nem oranı cihaz tarafından otomatik olarak yapıldı. VO<sub>2</sub>maks, aerobik kapasitenin değerlendirilmesinde temel parametre olarak alındı (Yıldız, 2012). Genel VO<sub>2</sub>maks ortalamasının üzerindeki denekler aerobik kapasitesi yüksek (AE1), genel VO<sub>2</sub>maks ortalamasının altındaki kişiler aerobik kapasitesi düşük (AE0) olarak gruplandırıldı.

**Tablo 3.1.** Bruce protokolü egzersiz şeması.

Bölüm	Aşama	Süre (dk)	Hız (km/s)	Eğim (%)
1	Isınma	0-3	2,7	10
2	Egzersiz	3-6	4	12
3	Egzersiz	6-9	5,5	14
4	Egzersiz	9-12	6,8	16
5	Egzersiz	12-15	8,9	18
6	Egzersiz	15-18	9,7	20
7	Egzersiz	18-21	10,5	22
8	Egzersiz	21-24	11,3	24
9	Egzersiz	24-27	12	26
10	Toparlanma	3	2,7	0

### 3.3.2. Anaerobik kapasite ölçümü (Wingate testi)

Anaerobik kapasite ölçümü için gerekli olan Wingate ölçüm cihazı ve tecrübeli personel desteği Anadolu Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinin katkıları ile sağlanmıştır. Ölçümde, kefeli bisiklet ergometrisine (Monark 894E) bağlanmış elektronik devre her saniyedeki pedal çevirme verilerini 30 saniye süresince bilgisayara gönderdi. Bilgisayar yazılımı ile güç ve iş hesaplamaları otomatik olarak yapıldı. Bisiklet ergometrisinin selesi katılımcıların boyuna göre ayarlandı. Her test öncesi bisikletin kalibrasyonu yapıldı. Denemeye başlamadan önce katılımcılar başka bir bisiklet ergometresinde 1 kg direnç ile 60 watta 3 dakika ısındırıldı, ardından 1 dakika dinlendirildi. Teste başlamadan önce 10 saniye yüksüz pedal çevirmeye başlandı ve 4 saniye önce hızlanıp sıfırıncı saniyede her denek için özel kilo başına 0,075 kilogramlık ağırlık kefeye konularak bu ağırlıkla birlikte en yüksek hızda katılımcıdan pedal çevirmesi istendi. Test boyunca denekler sözlü olarak motive edildi. Test bittikten sonra katılımcıda oluşan laktat birikimini uzaklaştırmak için katılımcıdan birkaç dakika daha yüksüz pedal çevirmesi istendi. Elde edilen parametreler şunlardır; Zirve Güç (ZG): Herhangi bir saniyede erişilebilen en yüksek mekanik güç (watt). Ortalama Güç (OG): 30 saniye boyunca geliştirilen ortalama güçtür (kg.m.sn<sup>-1</sup> watt). Ortalama gücün kastaki anaerobik glikoliz

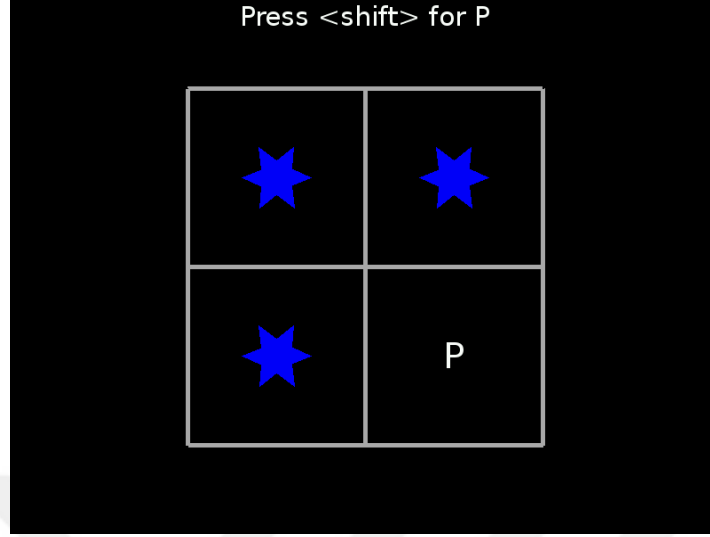


hızının göstergesi ve anaerobik kapasitenin göstergesi olması nedeniyle kilogram başına ortalama güç (KOG) anaerobik kapasitenin değerlendirilmesinde temel parametre olarak alındı (Özkan, Köklü, & Ersöz, 2010). Genel KOG ortalamasının üzerindeki denekler anaerobik kapasitesi yüksek (AN1), genel KOG ortalamasının altındaki kişiler anaerobik kapasitesi düşük (AN0) olarak gruplandırıldı.

### **3.3.3. Bilişsel/Psikomotor testlerin uygulanışı**

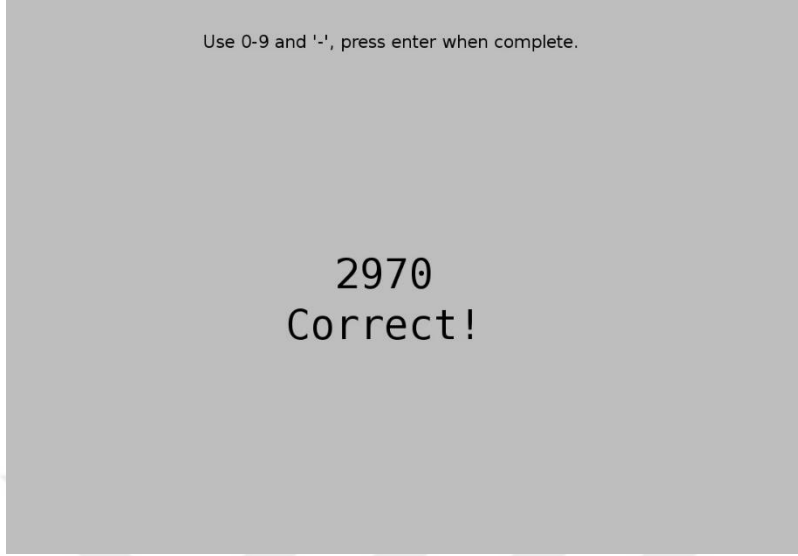
Psikomotor işlevlerin değerlendirilmesi amacıyla Go/NoGo, bilişsel işlevlerin değerlendirilmesi için ise Digit Span testleri seçilmiştir. Söz konusu testler katılımcılara 3 aşamada uygulandı; 1- Hipoksi eğitimi öncesinde (EÖ), 2- 5486 m (18.000 feet) hipoksi şartlarında (HD), 3- Hipoksi eğitiminin ardından (ES). PEBL test yazılımı üzerinden iki denemenin ardı ardına gelme özelliği (zincir) kullanılarak bilgisayarlar önce Go/NoGo hemen ardından Digit Span testi başlayacak şekilde ayarlanmıştır. Her iki test ayrı ayrı yaklaşık 5'er dakika sürmektedir. Her katılımcının testleri toplamda 10 dakikalık sürelerde tamamlayacağı öngörülmüştür. Bu nedenle hipoksi şartları olarak EBZ ortalaması 20-30 dk olan 5486 (18.000 ft) metreye eşdeğer basınç uygun görülmüştür.

Go/NoGo testi, P-Go ve R-Go kısımlarından oluşmaktadır. P-Go kısmında katılımcı pencere şeklindeki 4 kare içindeki yıldızların yerine P harfi görür görmez sağdaki tuşa basar, R harfi gördüğünde ise basmaz (Şekil 3.3). Aynı şekilde R-Go kısmında katılımcı bu sefer R harfi gördüğünde sağdaki tuşa basar, P gördüğünde basmaz. Bu test için elde edilen parametreler, genel isabet yüzdesi (İS%), ihmal hatası (İH) ve ortalama tepki süresidir (TS). Burada genel isabet yüzdesi katılımcının doğru basma sayısının toplam deneme sayısına oranıdır. İhmal hatası ise katılımcının deneme sırasında sağdaki tuşa basması gerekirken basmadığı denemelerin toplamıdır. Ortalama tepki süresi katılımcının basması gereken denemede sağdaki tuşa milisaniye cinsinden basma hızıdır. Bu test, katılımcıların dikkat, uyanıklık ve baskılanma gibi bilişsel işlevlerinin ölçülmesinde kullanılmaktadır ve makul bir test-tekrar test güvenilirliği bulunmaktadır (Bezdjian, Baker, Lozano, Raine, 2009).



**Şekil 3.3.** Go/NoGo testi ekran görüntüsü.

Digit Span testi ise ilk aşamada 3 basamaktan oluşan ve arka arkaya ekranda beliren rakamların çıkış sırasına göre (forward=ileri) veya çıkış sırasının tersi yöne göre (backward=geri) klavye ile girilip 'enter' tuşuna basılması şeklinde yapılır (Şekil 3.4). Bu çalışmada Digit Span testi, forward (ileri) şeklinde uygulanmıştır. Doğru yanıt verildikçe basamak sayısı bir artar. Bir üst basamağa geçebilmek için aynı basamakta sorulan iki sorudan en az birini doğru yanıtlamak gerekmektedir. İki yanlış yanıt verilmesi durumunda test sona ermektedir. Bu test için elde edilen parametreler; bellek genişliği (BG) ve toplam doğru yanıtlama sayısıdır (DS). Bellek genişliği, katılımcının ulaşabildiği en yüksek basamak sayısı olup bir nevi "seviye" olarak nitelendirilebilir. Toplam doğru sayısı katılımcının erişebildiği her seviyede verdiği doğru yanıt sayılarının toplamıdır. Bu test yaklaşık 5 dakika sürmektedir ve dikkat, algı ve işleyen bellek işlevleri hakkında bilgi verir (Ahonen, Dunham, Getty, Kosmowski, 2012). Testin makul derecede güvenilirlik ve geçerliliği bulunmaktadır (Piper vd., 2015).



**Şekil 3.4.** Digit Span testi ekran görüntüsü.

### **3.3.4. Hipoksi eğitimi ve deneyi**

Katılımcıların "hipoksi eğitimleri" Uçuş Fizyolojisi Eğitimi ve Uçucu Sağlığı Araştırmaları Yönergesine uygun olarak verilen uçuş fizyolojisi eğitimleri kapsamında Alçak Basınç Kabini Eğitim cihazında 7620 m (25.000 ft) YEB'da yapıldı. Katılımcılar ilk bilişsel/psikomotor test denemelerini bu cihazın içine alındıktan sonra yer şartlarında yaptılar (EÖ). Daha sonra katılımcılar 30 dakika hiç ara vermeden %100 oksijen solunumu yaptılar. %100 oksijen ön solunumunun amacı 5486 metre (18.000 ft) ve üzeri yüksekliklerde oluşma riski artan dekompresyon hastalığı riskinden korunmaktır. Bu sırada katılımcılara kablosuz parmak pulseoksimetre cihazları takıldı ve hipoksi eğitimi hakkında bilgilendirmelere devam edildi. Eğitim boyunca tüm katılımcıların nabız ve  $S_{pO_2}$  ölçümleri takip edildi.

Ön solumanın ardından özellikle ortakulak ve sinüs barotravması açısından alıştırmaya yapmak (sinüs check) amacıyla 1828 m (6.000 ft) yükseklik eşdeğer basıncı (YEB) tırmanışı ve yeniden yer seviyesine dönüş yapılarak katılımcıların herhangi bir barotravma yatkınlığı olup olmadığı kontrol edildi. Bu aşamaya kadar herhangi bir sorun oluşmadıysa eğitimin ilk safhası olan 7620 m (25.000 ft) YEB tırmanışı (5000 ft/dk) yapıldı. Bu YEB'da ilk önce 5 katılımcının oksijeni kesilip kalemle önlerindeki kağıttaki işlemleri yapmaları ve bulmacalar çözmeleri istendi. Bu sırada etkili bilinç zamanları (EBZ) da ölçüldü. Aynı işlemler diğer beş katılımcı için de yapıldı. Buraya kadar yapılan işlemler tüm uçuculara rutin uygulanmakta olan "hipoksi eğitimi" kapsamındaydı. Ardından hipokside bilişsel/psikomor işlevlerin etkisini görebileceğimiz ikinci aşmaya (deney aşaması) geçildi. Bu amaçla 5486 metre (18.000 ft) YEB'na

alçalma yapılıp, yine iki grup halinde katılımcıların oksijen destekleri kesildi. Oksijen kesildikten sonra ilk aşamadaki hipoksi desatürasyon gecikme fazını geçip hipoksi etkilerini daha fazla belirlemek amacıyla 2 dakika bekleme süresinin ardından nöropsikolojik testler başlatıldı (Malle vd., 2013). Yine eğitim öncesi ve sonrasında olduğu gibi önce Go/NoGo testi ardından Digit Span testi başlayacak şekilde döngü ayarlanmıştı. Bilgisayarların sesleri kısık ve katılımcıların en düşük seviyede bozucu etkilere maruz kalmaları sağlanmaya çalışıldı. Grupların testlere aynı anda başlamaları sağlanıp deneyini bitirenlerin sessizce ekranı kapatıp beklemeleri istendi. Testleri bitirenlerin oksijenleri yeniden açıldı, tüm katılımcılar testleri tamamladıktan sonra yer seviyesine alçalma ile birlikte deney sonlandırıldı. Ardından yine yer seviyesinde cihaz içinde son bilişsel/psikomotor denemesi (ES) gerçekleştirildikten sonra katılımcılar serbest bırakıldı. Katılımcıların, eğitim öncesi ve eğitim sonrası denemeleri haricinde, hipoksi eğitimi boyunca oksijen maskeleri ve tüm eğitim süresince de uçucu kaskları takılıydı. Her katılımcının hipoksi eğitimi (EBZ) ve nöropsikolojik testler sırasında düşük oksijene maruz kalma süreleri eşit değildi.

### **3.3.5. İstatistiksel analiz**

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi amacıyla IBM® SPSS® Version 21.0 programı kullanıldı. Tüm verilerin ortalama ve standart sapma değerleri belirlendikten sonra dağılımlarının normalitesini belirlemek amacıyla Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilk testleri kullanıldı. Aerobik ve anaerobik kapasite bakımından ikiye ayrılan grupların arasındaki farkları analiz etmede dağılım durumuna göre Independent Samples t-test veya Mann Whitney U testi kullanıldı. Katılımcıların, aerobik ve anaerobik olarak gruplandırılanların eğitim öncesi (EÖ), hipoksi (HD) ve eğitim sonrası (ES) dönemleri arasındaki karşılaştırmada ise dağılım durumuna göre Paired Samples test veya Wilcoxon Signed Rank test kullanılarak ikiye karşılaştırmalar yapıldı. 9 katılımcının eğitim sonu verileri alınmadığı için Anova testi tercih edilmedi. Aerobik ve anaerobik kapasite göstergesi olan değişkenler ile testlerde elde edilen veriler arasında dağılım durumuna göre Pearson veya Spearman korelasyonu yapıldı. İstatistiksel anlamlı farklar için  $p < 0.05$  alındı.

## 4- BULGULAR

### 4.1. Genel Demografik Veriler

Çalışmaya alınan 25 erkek katılımcının yaş aralığı 23-27 olup ortalaması  $23,80 \pm 0,95$  yıldır. Boy ortalamaları  $176,6 \pm 5,56$  cm ve ağırlık ortalamaları  $76,24 \pm 9,22$  kilogramdır. Beden kitle indeksi (BKİ) ortalamaları  $24,36 \pm 2,02$  kg/m<sup>2</sup> ve uçuş saati ortalamaları  $89,80 \pm 89,78$  olup, uçuş saati aralığı 0 ile 202 arasındadır. Katılımcılar daha önceden alçak basınç veya normobarik şartlarda uygulamalı hipoksi eğitimi almamışlardır. Anketlerde katılımcıların hiçbirisi halen veya daha önceden sigara ve tütün ürünleri kullanmadığını bildirmiştir. Katılımcılardan 10 kişi hava harp okulu öğrenciliğinde vücut geliştirme sporu, 6 kişi masa tenisi, 4 kişi yüzme, 2 kişi atletizm, 2 kişi tenis, 2 kişi kros, 2 kişi futbol, 1'er kişi ise basketbol, voleybol ve hentbol ile amatör olarak ilgilendiğini bildirmiştir. Ankette her katılımcı birden fazla spor seçeneği işaretleyebilmiştir. 5 katılımcı ise öğrenciliğinde herhangi bir spor branşı ile ilgilenmediğini belirtmiştir.

### 4.2. Fiziki Performans Ölçümleri

Tüm katılımcıların elde edilen kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) ve Wingate testi fiziki performans verileri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

#### 4.2.1. KPET ortalamaları:

VO <sub>2</sub> maks	: $42,25 \pm 4,93$ (mL/dk/kg)
Anaerobik eşik % (AE%)	: $51,52 \pm 10,55$ (%)
Solunum kompensasyon noktası (SKN%)	: $86,72 \pm 6,83$ (%)

#### 4.2.2. Wingate testi ortalamaları:

Ortalama güç (OG)	: $539,98 \pm 113,86$ (W)
Kg başına ortalama güç (KOG)	: $7,08 \pm 0,98$ (W/kg)
Zirve güç (ZG)	: $1043,15 \pm 333,93$ (W)
Kg başına zirve güç (KZG)	: $13,67 \pm 3,73$ (W/kg)

**Tablo 4.1.** Elde edilen kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) ve Wingate testi fiziki performans ölçüm sonuçları. KPET: Kardiyopulmoner egzersiz testi, AK: Aerobik kapasite (VO<sub>2</sub>maks), AE%: Aerobik eşiğin VO<sub>2</sub>maks'a göre yüzdesi, SKN%: Solunum kompensasyon noktasının VO<sub>2</sub>maks'a göre yüzdesi, OG: Ortalama güç, KOG: Kilogram başına ortalama güç, ZG: Zirve güç, KZG: Kilogram başına zirve güç.

Katılımcı sayısı:	KPET ölçümleri			Wingate ölçümleri			
	AK (mL/dk/kg)	AE %	SKN %	OG (W)	KOG (W/kg)	ZG (W)	KZG (W/kg)
1	36,4	50	81	453,87	6,48	861,57	12,31
2	36,2	51	85	461,87	5,77	805,37	10,07
3	38,9	49	90	816,10	8,50	1512,98	15,76
4	40,1	61	89	462,26	7,11	793,38	12,21
5	46,9	54	93	921,49	10,02	2310,00	25,11
6	41,1	66	89	592,28	7,22	1121,62	13,68
7	33,8	79	97	509,17	6,53	1054,89	13,52
8	41,8	52	94	653,43	7,43	1115,64	12,68
9	41,9	63	95	582,88	7,29	957,33	11,97
10	37,8	50	84	505,08	6,24	883,62	10,91
11	42,2	67	84	550,19	6,63	957,62	11,54
12	42,2	56	94	516,71	6,89	1255,82	16,74
13	42,1	47	84	466,58	6,67	812,95	11,61
14	40,0	57	96	480,52	7,39	809,20	12,45
15	36,7	53	74	469,87	5,59	1051,39	12,52
16	44,9	49	86	518,91	6,49	1118,15	13,98
17	55,4	55	89	550,25	9,02	1531,48	25,11
18	51,3	30	85	572,23	7,34	999,89	12,82
19	43,9	48	86	586,55	7,52	972,93	12,47
20	45,1	36	77	471,09	6,73	738,63	10,55
21	47,8	44	77	430,41	7,06	758,96	12,44
22	46,2	40	71	464,87	6,84	952,26	14,00
23	43,6	46	90	499,67	7,57	878,20	13,31
24	37,1	38	91	505,57	7,02	915,60	12,72
25	43,0	47	87	457,85	5,72	909,51	11,37

### 4.3. Hipoksi Deneyi ve Nöropsikolojik Test Verilerinin Analizi

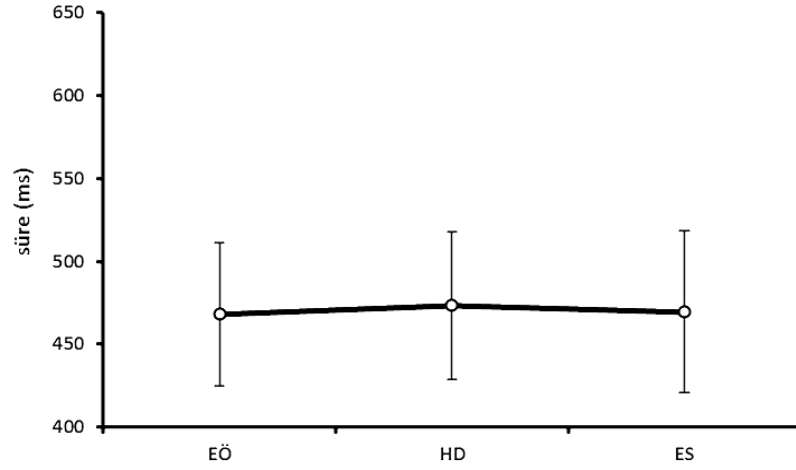
Hipoksi eğitimine dahil edilen 9 katılımcının çalışmadan ayrılması nedeniyle eğitim sonu nöropsikolojik testleri alınamamıştır. Katılımcılardan biri, 5.486 m (18.000 ft) nöropsikolojik testleri anında Go/NoGo testini tamamlayıp Digit Span testine geçtikten sonra kendini iyi hissetmeyip %100 oksijen açarak eğitimi bırakmıştır. Bu nedenle söz konusu katılımcının Digit Span ve eğitim sonrası nöropsikolojik test verileri değerlendirmeye alınmamıştır.

Tüm katılımcıların 7.620 m (25.000 ft) YEB’de ölçülen etkili bilinç zamanı (EBZ) ortalamaları  $239,20 \pm 50,58$  saniyedir. AK (VO<sub>2</sub>maks) ve KOG ile EBZ arasında yapılan korelasyon testinde anlamlılık bulunmamıştır. Katılımcıların Go/NoGo ve Digit Span testlerinden elde edilen verileri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

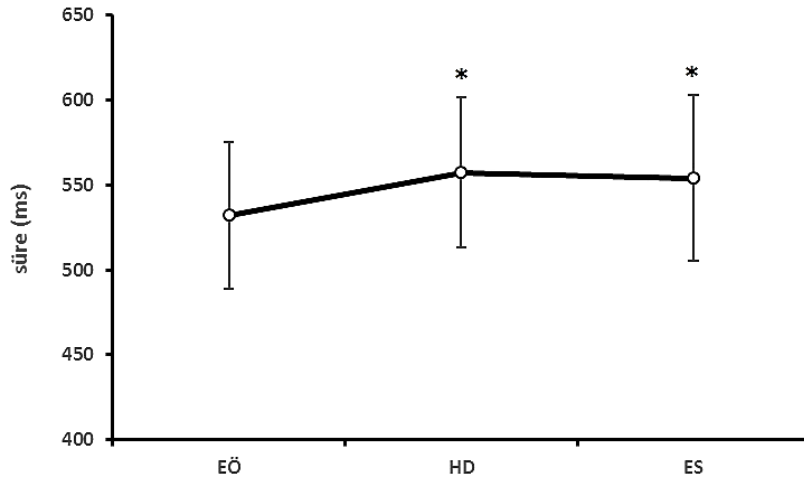
**Tablo 4.2.** Katılımcıların Go/NoGo ve Digit Span testlerinden elde edilen verileri. Veriler ortalama  $\pm$  standart sapma ve medyan(Q1-Q3) şeklinde gösterilmiştir. GNG\_TSP: GNG P-Go tepki süresi, GNG\_TSR: GNG R-Go tepki süresi, GNG\_İH: GNG ihmal hatası, GNG\_İS%: GNG isabet yüzdesi, DSP\_BG: Digit Span bellek genişliği, DSP\_DS: Digit Span doğru yanıt sayısı.

	<b>Eğitim Öncesi (n=25)</b>	<b>Hipoksi Dönemi (n=25)</b>	<b>Eğitim Sonrası (n=16)</b>
<b>GNG_TSP</b>	468,12 $\pm$ 43,21 468,45(436,25-491,59)	473,43 $\pm$ 44,40 469,85(445,83-509,70)	469,57 $\pm$ 48,88 472,29(456,13-481,96)
<b>GNG_TSR</b>	532,13 $\pm$ 43,66 523,37(504,22-558,85)	557,39 $\pm$ 59,03 550,34(519,52-614,12)	554,13 $\pm$ 56,12 544,16(518,62-565,16)
<b>GNG_İH</b>	0,56 $\pm$ 0,76 0,00(0,00-1,00)	2 $\pm$ 2,66 1,00(0,00-3,00)	2,13 $\pm$ 3,34 1,00(0,00-2,75)
<b>GNG_İS%</b>	93,29 $\pm$ 2,47 94,16(92,12-95,62)	90,86 $\pm$ 2 92,49(88,69-95,62)	92,05 $\pm$ 2,13 94,47(88,90-95,83)
<b>DSP_BG</b>	7,63 $\pm$ 1,09 8,00(7,00-8,00)	6,88 $\pm$ 1,98 7,00(6,00-8,00)	7,38 $\pm$ 1,25 7,50(6,00-8,75)
<b>DSP_DS</b>	9,71 $\pm$ 1,96 10,00(8,00-11,75)	8,25 $\pm$ 3,60 8,00(5,50-11,00)	9,63 $\pm$ 2,50 9,50(7,25-12,75)

Go/NoGo testinde katılımcıların P-Go ve R-Go tepki sürelerinin eğitim öncesinde, hipoksizde ve eğitim sonrasındaki değişimleri sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Katılımcıların P-Go tepki süreleri hipoksizde hafif uzamış fakat dönemler arasında anlamlı fark bulunmamıştır (Şekil 4.1). R-Go tepki süresi ortalaması ise hipoksizde [ $t(24)=-2,631$   $p=0,015$ ] ve eğitim sonrasında [ $t(15)=-2,235$   $p=0,041$ ] eğitim öncesine göre uzamış ve istatistiksel anlamlılık bulunmuştur (Şekil 4.2).



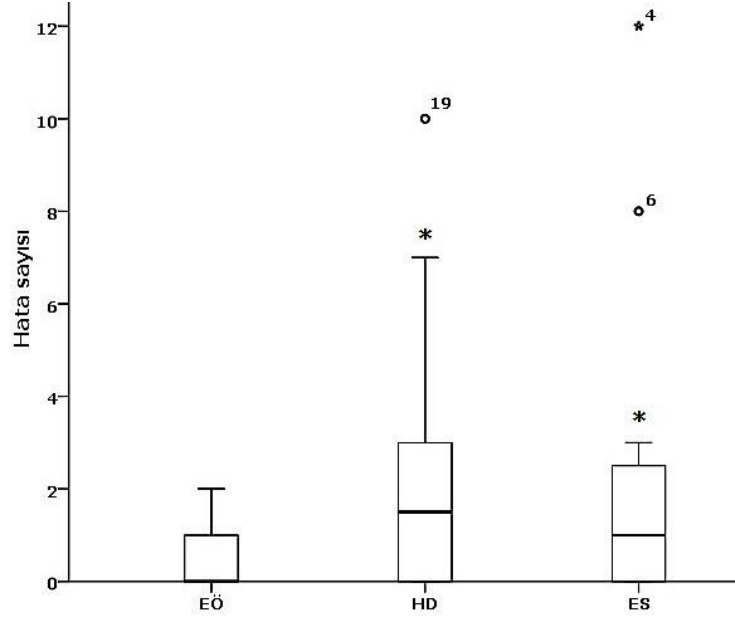
**Şekil 4.1.** Katılımcıların Go/NoGo testindeki P-Go tepki süresi (GNG\_TSP) ortalamalarının dönemsel karşılaştırması.



**Şekil 4.2.** Katılımcıların Go/NoGo testindeki R-Go tepki süresi (GNG\_TSR) ortalamalarının dönemsel karşılaştırması. HD ve ES dönemi ortalamaları EÖ ortalamasına göre yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır. \*  $p < 0,05$

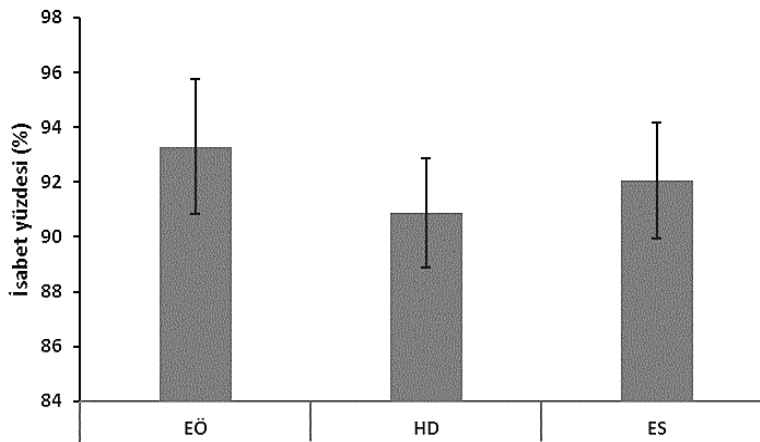
Go/NoGo testi ihmal hatası ortalamaları bakımından eğitim öncesine göre hipoksi döneminde ( $z = -2,591$   $r = 0,51$   $p = 0,010$ ) ve eğitim sonrasında ( $z = -2,393$   $r = 0,47$   $p = 0,017$ ) artış gözlenmiş ve bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur fakat hipoksi dönemi ile eğitim sonrası ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmamıştır (Şekil 4.3).





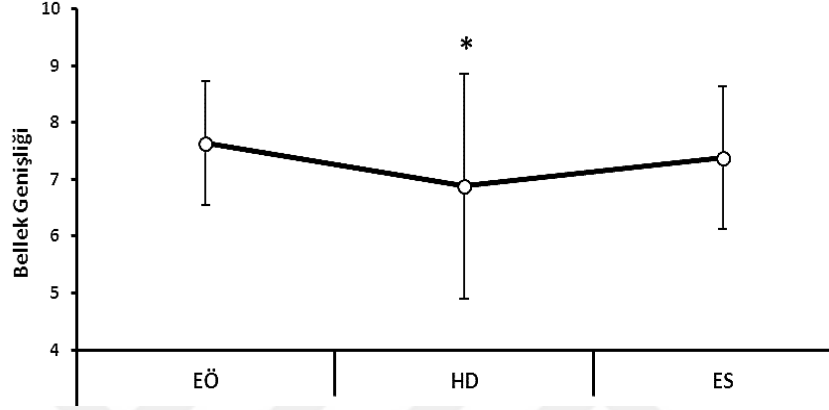
**Şekil 4.3.** Katılımcıların Go/NoGo testindeki ihmal hatası (GNG\_İH) ortalamalarının dönemsel karşılaştırması. HD ve ES dönemi ortalamaları EÖ ortalamasına göre yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Go/NoGo testi isabet yüzdesi ortalamaları bakımından hipoksi döneminde eğitim öncesine ve sonrasına göre bir düşüş gözlenebilir de eğitim öncesi ile hipoksi dönemi ( $z=-1,845$   $r=0,36$   $p=0,065$ ) ve eğitim sonrası dönem ortalamaları arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır (Şekil 4.4).



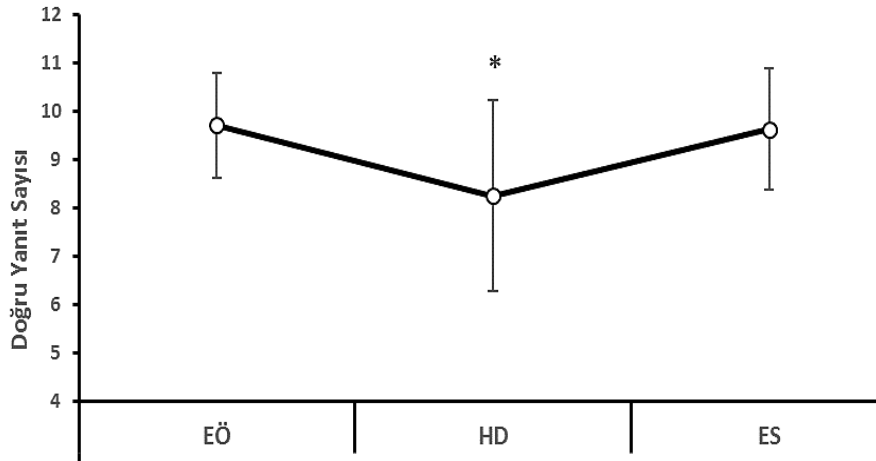
**Şekil 4.4.** Katılımcıların Go/NoGo testindeki isabet yüzdesi (GNG\_İS%) ortalamalarının dönemsel karşılaştırması.

Digit Span testinde bellek genişliği ortalamaları hipoksi döneminde, eğitim öncesine ( $z=-1,985$   $r=0,40$   $p=0,047$ ) ve eğitim sonrasına göre ( $z=-2,550$   $r=0,63$   $p=0,011$ ) istatistiksel olarak anlamlı düşüş tespit edilmiş fakat hipoksi dönemi ile eğitim sonrası ortalamaları arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5.** Katılımcıların Digit Span testindeki bellek genişliği (DSP\_BG) ortalamalarının dönemselsel karşılaştırılması. HD ortalaması EÖ ve ES ortalamalarına göre düşük ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Digit Span testinde doğru yanıt sayısı ortalamaları bakımından hipoksi döneminde, eğitim öncesine [ $t(23)=2,435$   $p=0,023$ ] ve eğitim sonrasına göre ( $z=-3,279$   $r=0,81$   $p=0,001$ ) istatistiksel olarak anlamlı düşüş gözlenmiş fakat hipoksi dönemi ile eğitim sonrası ortalamaları arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir (Şekil 4.6).



**Şekil 4.6.** Katılımcıların Digit Span testindeki doğru yanıt sayısı (DSP\_DS) ortalamalarının dönemselsel karşılaştırılması. HD ortalaması EÖ ve ES ortalamalarına göre düşük ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

#### **4.4. Aerobik ve Anaerobik Grup Nöropsikolojik Test Verilerinin Birbirleri ile Karşılaştırılması**

Aerobik ve anaerobik kapasitenin nöropsikolojik testlere etkilerinin incelenebilmesi için katılımcılar, ilk aşamada aerobik kapasite için VO<sub>2</sub> maks değerlerinin aritmetik ortalamasına (42,25 ± 4,93) göre iki gruba ayrıldı. Bu ortalamanın altında VO<sub>2</sub> maks değerleri olanlar aerobik kapasitesi düşük grup (AE0, n=15) ve bu ortalamanın üzerinde VO<sub>2</sub> maks değerleri olanlar aerobik kapasitesi yüksek grup (AE1, n=10) olarak belirlendi. Aerobik kapasitesi düşük (AE0) grup ile aerobik kapasitesi yüksek (AE1) grubun eğitim öncesi, hipoksi dönemi ve eğitim sonrası nöropsikolojik test ortalamalarının birbiri ile karşılaştırması Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Bu karşılaştırmada AE0 grup ile AE1 grup test ortalamaları arasındaki farklardan sadece hipoksi dönemindeki Digit Span bellek genişliği ve doğru sayısı ortalamalarının AE1 grupta daha yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05).

Aynı şekilde anaerobik kapasite için ise KOG değerlerinin aritmetik ortalamasına (7,08 ± 0,98) göre, ortalamanın altındakiler anaerobik kapasitesi düşük grup (AN0, n=14), ortalamanın üzerindeki ise anaerobik kapasitesi yüksek grup (AN1, n=11) olarak iki gruba ayrılmışlardır. Anaerobik kapasitesi düşük (AN0) grup ile anaerobik kapasitesi yüksek (AN1) grubun eğitim öncesi, hipoksi dönemi ve eğitim sonrası nöropsikolojik test ortalamalarının birbiri ile karşılaştırması Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Bu karşılaştırmada ise AN0 grup ile AN1 grup test ortalamaları arasındaki farklardan sadece eğitim öncesi ve hipoksi dönemindeki Go/NoGo testi P-Go tepki süresi ortalamalarının AN1 grupta daha yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p<0,01).

**Tablo 4.3.** Aerobik etki incelemesi. Veriler ortalama  $\pm$  standart sapma ve medyan(Q1-Q3) şeklinde gösterilmiştir.

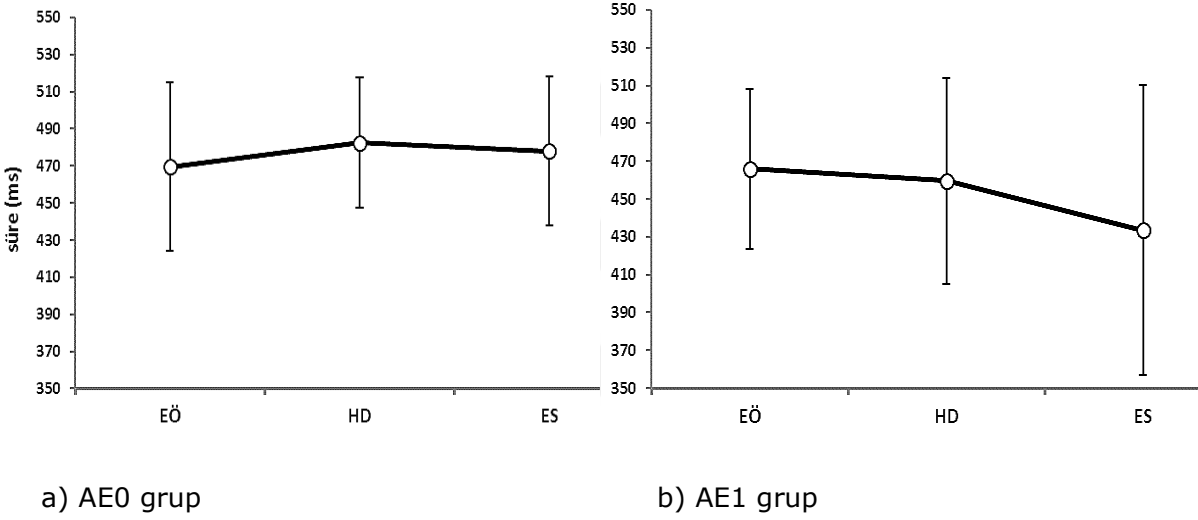
	Eğitim Öncesi			Hipoksi Dönemi			Eğitim Sonrası		
	AE0 (n=15)	AE1 (n=10)	P	AE0 (n=15)	AE1 (n=10)	P	AE0 (n=13)	AE1 (n=3)	P
<b>GNG_TSP</b>	469,59 $\pm$ 45,24 466,21 (441,55-481,24)	465,93 $\pm$ 42,25 478,19 (422,9-497,17)	0,935	482,57 $\pm$ 35,30 471,72 (453,99-517,94)	459,72 $\pm$ 54,50 451,74 (419,5-496,19)	0,238	477,88 $\pm$ 40,12 471,51 (457,40-483,52)	433,58 $\pm$ 76,63 473,08 (345,26-473,08)	0,800
<b>GNG_TSR</b>	531,34 $\pm$ 50,90 518,99 (502,76-549,62)	533,31 $\pm$ 32,40 532,58 (508,6-563,47)	0,461	559,56 $\pm$ 54,15 541,62 (518,66-615,99)	554,13 $\pm$ 68,64 553,09 (510,4-587,05)	1	559,39 $\pm$ 60,06 544,25 (519,75-568,33)	531,30 $\pm$ 31,85 541,25 (495,66-541,25)	0,521
<b>GNG_İS%</b>	93,42 $\pm$ 2,50 94,47 (92,65-95,83)	93,09 $\pm$ 2,54 93,74 (91,24-95,20)	0,683	90,16 $\pm$ 9,11 93,54 (88,28-94,84)	91,90 $\pm$ 5,14 91,24 (88,12-96,02)	0,935	92,09 $\pm$ 5,31 94,16 (90,62-95,00)	91,87 $\pm$ 9,68 95,83 (80,83-95,83)	0,611
<b>GNG_İH</b>	0,53 $\pm$ 0,74 0,00(0,00-1,00)	0,60 $\pm$ 0,84 0,00(0,00-1,25)	0,935	2,27 $\pm$ 3,08 1,00(0,00-3,75)	1,60 $\pm$ 1,95 1,00(0,00-3,00)	0,849	2,38 $\pm$ 3,61 1,00(0,00-2,50)	1,00 $\pm$ 1,73 0,00(0,00-0,00)	0,611
<b>DSP_BG</b>	7,43 $\pm$ 1,08 8,00(6,00-8,00)	7,90 $\pm$ 1,10 8,00(7,00-8,25)	0,437	6,07 $\pm$ 1,94 6,00(4,75-8,00)	8,00 $\pm$ 1,49 8,00(6,75-9,25)	* 0,022	7,46 $\pm$ 1,19 8,00(6,00-8,50)	7,00 $\pm$ 1,73 6,00(6,00-6,00)	0,611
<b>DSP_DS</b>	9,29 $\pm$ 2,09 9,50(7,75-11,25)	10,30 $\pm$ 1,70 10,0(8,75-12,0)	0,285	6,79 $\pm$ 3,23 7,00(4,00-8,25)	10,30 $\pm$ 3,16 10,5 (7,75-13,25)	* 0,019	9,77 $\pm$ 2,38 10,00(8,00-12,5)	9,00 $\pm$ 3,46 7,00(7,00-7,00)	0,521

**Tablo 4.4.** Anaerobik etki incelemesi. Veriler ortalama  $\pm$  standart sapma ve medyan(Q1-Q3) şeklinde gösterilmiştir. # $p < 0,01$

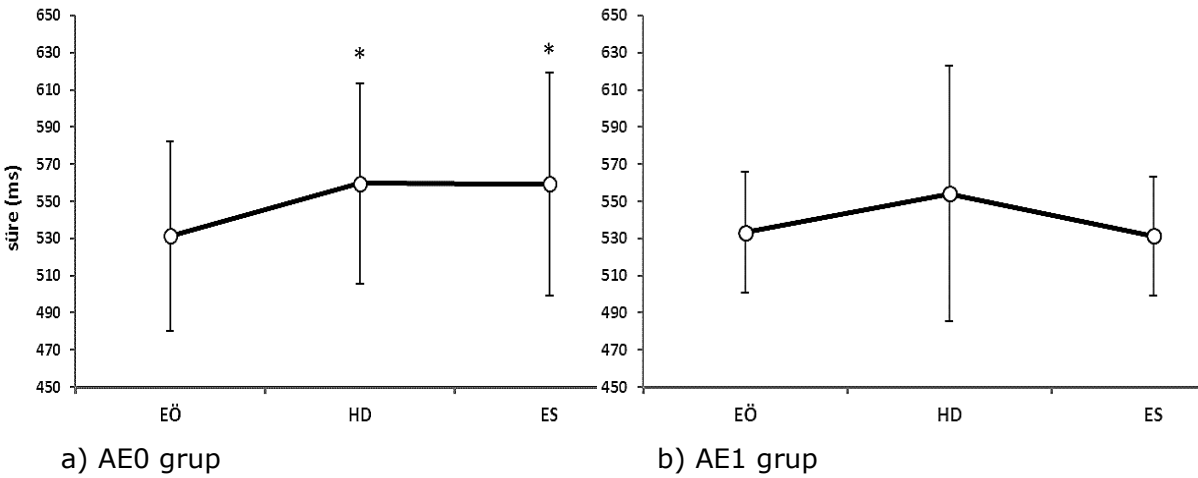
	Eğitim Öncesi			Hipoksi Dönemi			Eğitim Sonrası		
	ANO (n=14)	AN1 (n=11)	P	ANO (n=14)	AN1 (n=11)	P	ANO (n=8)	AN1 (n=8)	P
<b>GNG_TSP</b>	449,27 $\pm$ 40,57 441,88 (419,25-468,36)	492,11 $\pm$ 35,79 485,28 (471,1-524,08)	# 0,009	453,45 $\pm$ 39,61 452,70 (427,22-469,85)	498,86 $\pm$ 37,69 486,33 (480,15-540,14)	# 0,008	456,76 $\pm$ 62,58 460,74 (429,15-483,17)	482,39 $\pm$ 28,77 473,61 (467,47-481,96)	0,279
<b>GNG_TSR</b>	523,12 $\pm$ 47,92 516,41 (497,58-546,00)	543,60 $\pm$ 36,49 545,00 (517,9-560,58)	0,107	541,62 $\pm$ 59,26 520,80 (505,24-597,45)	577,46 $\pm$ 54,84 561,83 (526,91-616,50)	0,135	553,52 $\pm$ 57,67 546,45 (518,62-567,53)	554,73 $\pm$ 58,49 544,16 (516,80-562,37)	1
<b>GNG_İS%</b>	92,88 $\pm$ 2,63 93,75 (90,83-95,41)	93,81 $\pm$ 2,26 94,79 (92,70-95,83)	0,362	89,79 $\pm$ 9,21 91,66 (88,02-95,41)	92,21 $\pm$ 5,27 93,75 (90,00-95,83)	0,727	88,90 $\pm$ 6,69 90,83 (81,19-94,94)	95,20 $\pm$ 2,78 95,31 (92,91-97,65)	0,065
<b>GNG_İH</b>	0,57 $\pm$ 0,85 0,00(0,00-1,00)	0,55 $\pm$ 0,68 0,00(0,00-1,00)	0,893	1,93 $\pm$ 2,23 1,00(0,00-3,00)	2,09 $\pm$ 3,23 0,00(0,00-3,00)	0,609	3,38 $\pm$ 4,37 2,00(0,00-6,75)	0,88 $\pm$ 1,12 0,50(0,00-1,75)	0,279
<b>DSP_BG</b>	7,69 $\pm$ 1,25 8,00(6,50-8,50)	7,55 $\pm$ 0,93 8,00(7,00-8,00)	0,820	7,15 $\pm$ 2,30 7,00(6,00-9,00)	6,55 $\pm$ 1,57 7,00(6,00-8,00)	0,467	6,75 $\pm$ 1,16 6,00(6,00-7,75)	8,00 $\pm$ 1,06 8,00(7,25-9,00)	0,065
<b>DSP_DS</b>	9,85 $\pm$ 2,15 10,00 (8,00-12,00)	9,55 $\pm$ 1,80 10,00 (8,00-11,00)	0,718	8,69 $\pm$ 4,21 8,00(7,00-12,50)	7,73 $\pm$ 2,83 8,00(5,00-10,00)	0,525	8,88 $\pm$ 2,53 8,00(7,00-11,50)	10,38 $\pm$ 2,38 10,00(8,25-13,0)	0,243

## 4.5. Aerobik ve Anaerobik Grup Nöropsikolojik Test Verilerinin Dönemsel Değişimi

Aerobik ve anaerobik kapasitenin nöropsikolojik test verilerine etkilerinin araştırılabilmesi için ikinci aşamada egzersiz kapasitelerine göre AE0, AE1 ve AN0, AN1 olarak gruplandırılan katılımcıların EÖ, HD ve ES nöropsikolojik test skorlarının dönemsel değişimleri incelenmiştir. Aerobik kapasite ile Go/NoGo testi verilerinin dönemsel değişimleri incelendiğinde hem AE0 grubun hem de AE1 grubun Go/NoGo P-Go tepki süresi ortalamaları dönemsel olarak değişimleri arasında istatistiksel anlamlılık bulunmamaktadır (Şekil 4.7).

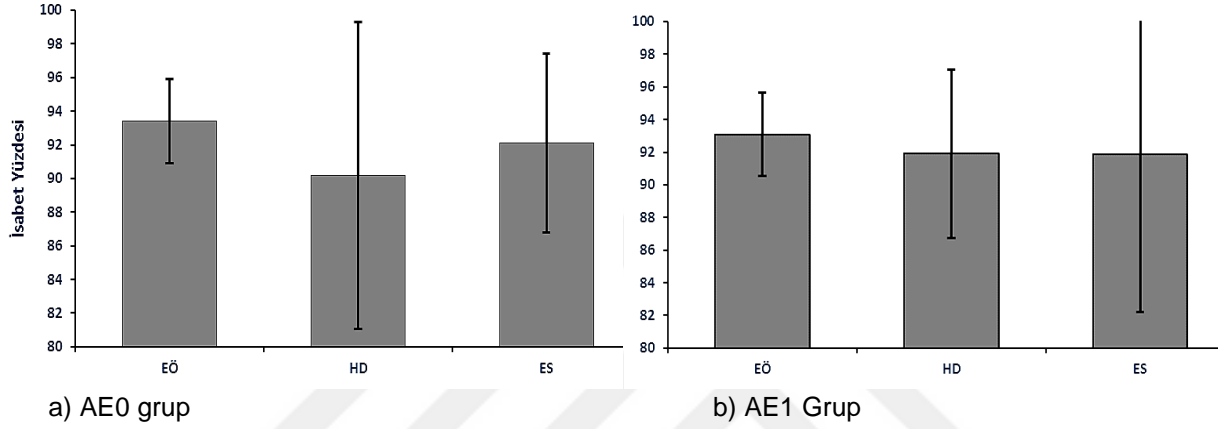


**Şekil 4.7.** a: Aerobik kapasitesi düşük, b: Aerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_TSP (P-Go) ortalamasının dönemsel değişim grafiği.

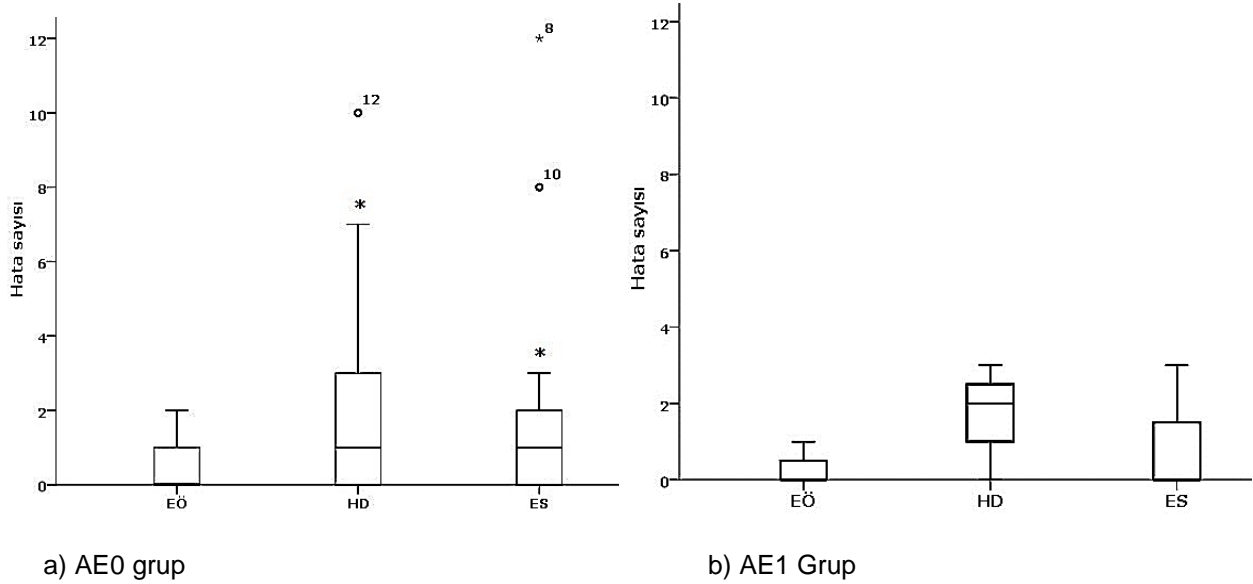


**Şekil 4.8.** a: Aerobik kapasitesi düşük, b: Aerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_TSR (R-Go) ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AE0 grupta HD ve ES ortalamaları EÖ ortalamasından yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

AE0 grupta hipoksi döneminde ve eğitim sonrası R-Go tepki süresi ortalamaları eğitim öncesine göre uzamış ve istatistiksel anlamlılık bulunmuştur (Şekil 4.8.a) fakat AE0 grubun P-Go tepki süresi ortalamaları arasında ve AE1 grubun R-Go değerleri arasında dönemsel olarak istatistiksel anlamlılık bulunmamıştır (Şekil 4.8.b). AE0 grubun ve AE1 grubun isabet yüzdesi ortalamaları arasında dönemsel olarak istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır (Şekil 4.9.)



**Şekil 4.9.** a: Aerobik kapasitesi düşük, b: Aerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_İS% ortalamasının dönemsel değişim grafiği.

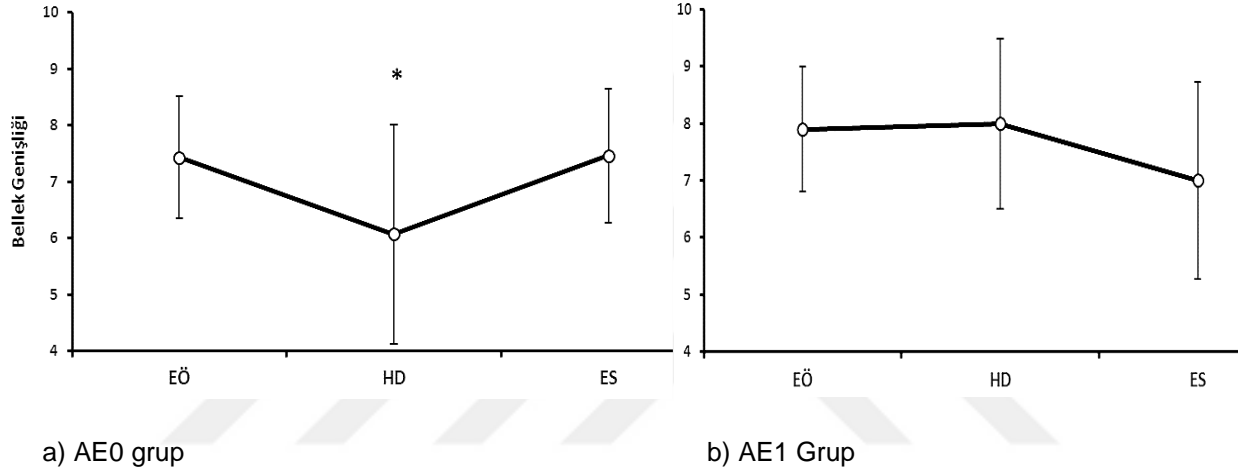


**Şekil 4.10.a:** Aerobik kapasitesi düşük, b: Aerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_İH ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AE0 grupta HD ve ES ortalamaları EÖ ortalamasından yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

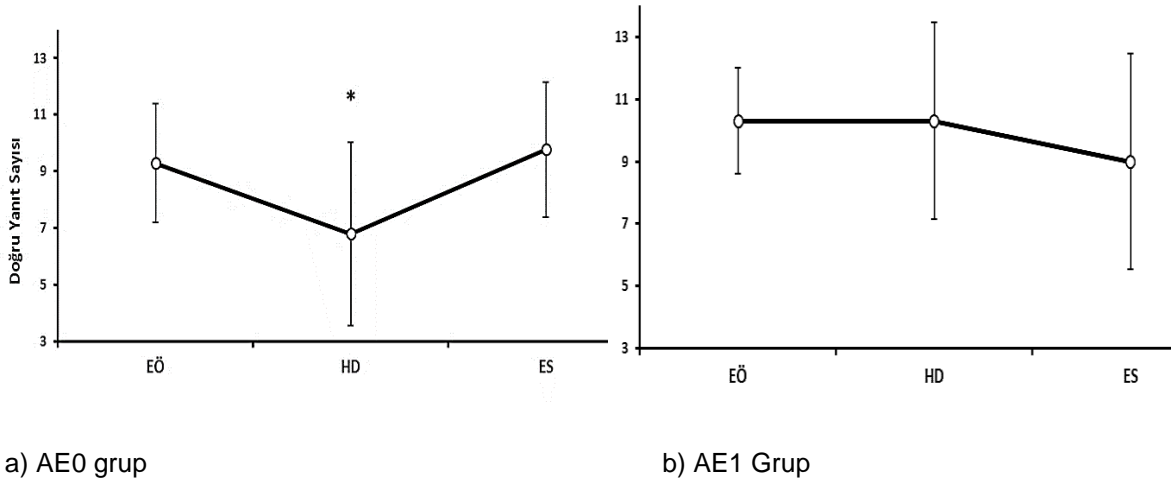
AE0 grupta hipoksi döneminde ve eğitim sonrası ihmal hatası ortalamaları eğitim öncesine göre artmış ve istatistiksel anlamlılık bulunmuştur

(Şekil 4.10.a). Fakat AE1 grubun ihmal hatası ortalamaları arasında dönemsel olarak istatistiksel anlamlı farklılık bulunmamıştır (Şekil 4.10.b).

Aerobik kapasite ile Digit Span testi verilerinin dönemsel değişimleri incelendiğinde AE0 grupta hipoksi döneminde BG ve DS ortalamaları eğitim öncesine ve eğitim sonrası ortalamalarına göre istatistiksel anlamlı düşüş göstermiştir (Şekil 4.11.a, Şekil 4.12.a). Buna karşılık AE1 grupta Digit Span test verileri (BG ve DS) arasında dönemsel olarak istatistiksel anlamlı farklılık bulunmamıştır (Şekil 4.11.b, Şekil 4.12.b).



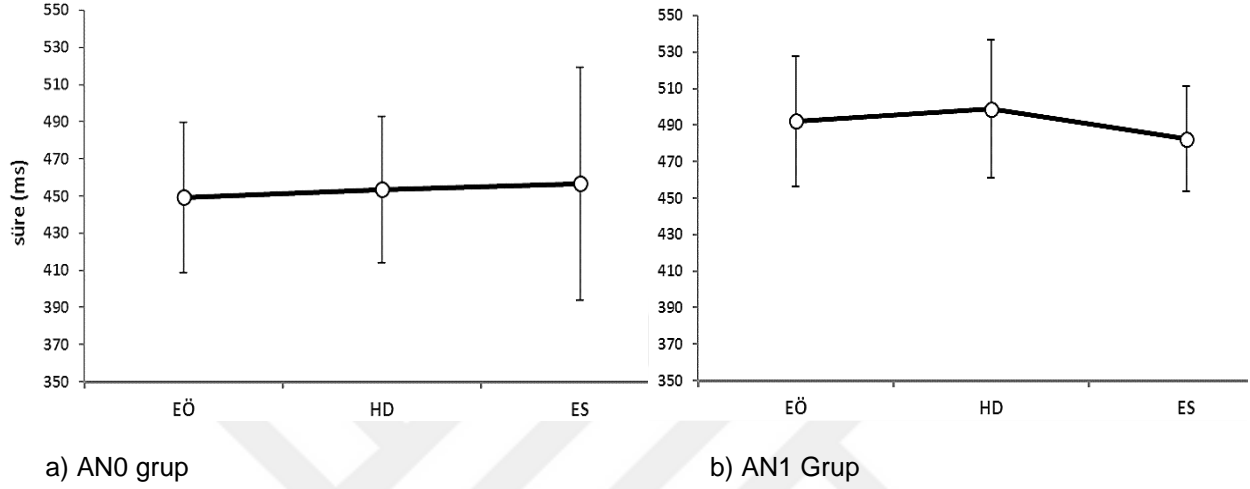
**Şekil 4.11.** a: Aerobik kapasitesi düşük, b: Aerobik kapasitesi yüksek grubun, DSP\_BG ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AE0 grupta HD ortalaması EÖ ve ES ortalamalarına göre düşük ve istatistiksel olarak anlamlıdır.



**Şekil 4.12.** a: Aerobik kapasitesi düşük, b: Aerobik kapasitesi yüksek grubun, DSP\_DS ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AE0 grupta HD ortalaması EÖ ve ES ortalamalarına göre düşük ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

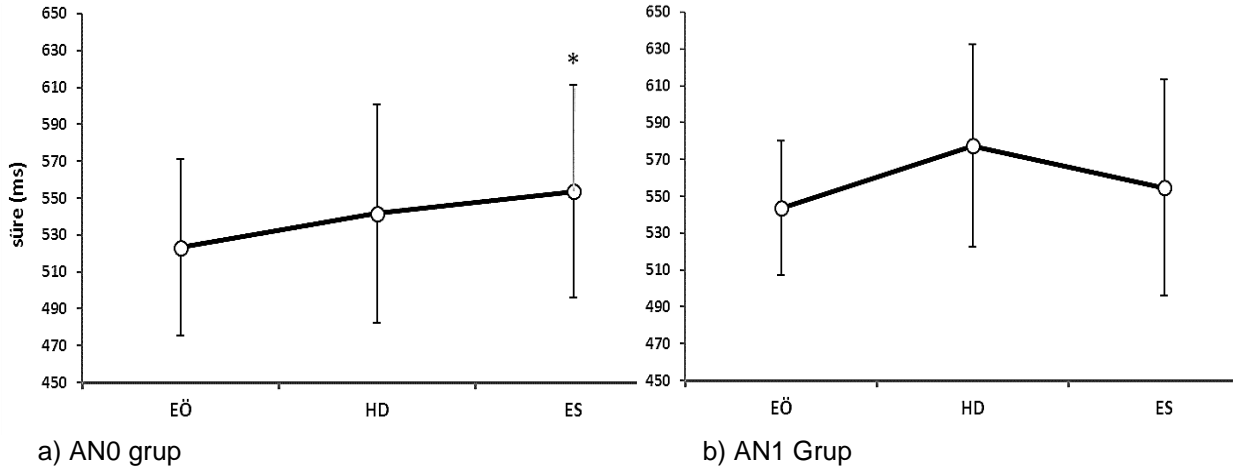


Anaerobik kapasite ile Go/NoGo testi verilerinin dönemsel değişimleri incelendiğinde hem AN0 grubun hem de AN1 grubun Go/NoGo P-Go tepki süresi ortalamaları dönemsel olarak değişimleri arasında istatistiksel anlamlılık bulunmamıştır (Şekil 4.13).



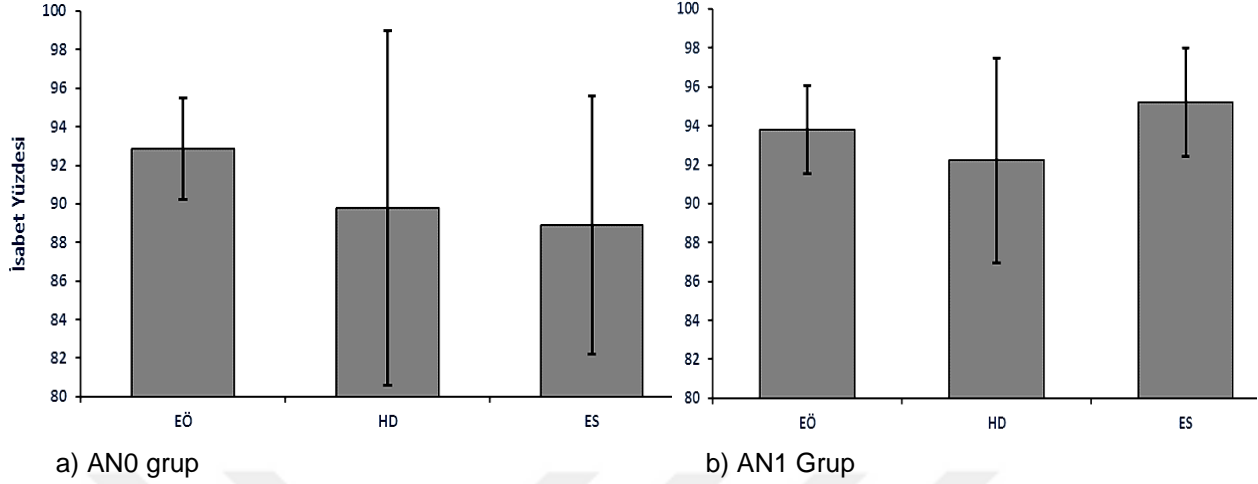
**Şekil 4.13.** a: Anaerobik kapasitesi düşük, b: Anaerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_TSP (P-Go) ortalamasının dönemsel değişimi grafiği.

AN0 grupta AN1 gruptan farklı olarak eğitim sonrası R-Go tepki süresi ortalaması, eğitim öncesine göre uzamıştır ( $p < 0,05$ , Şekil 4.14). AN1 grupta ise R-Go ortalaması eğitim öncesi ve sonrasına göre hipokside artmıştır fakat istatistiksel anlamlılık bulunmamıştır (Şekil 4.13.b, Şekil 4.14.b).



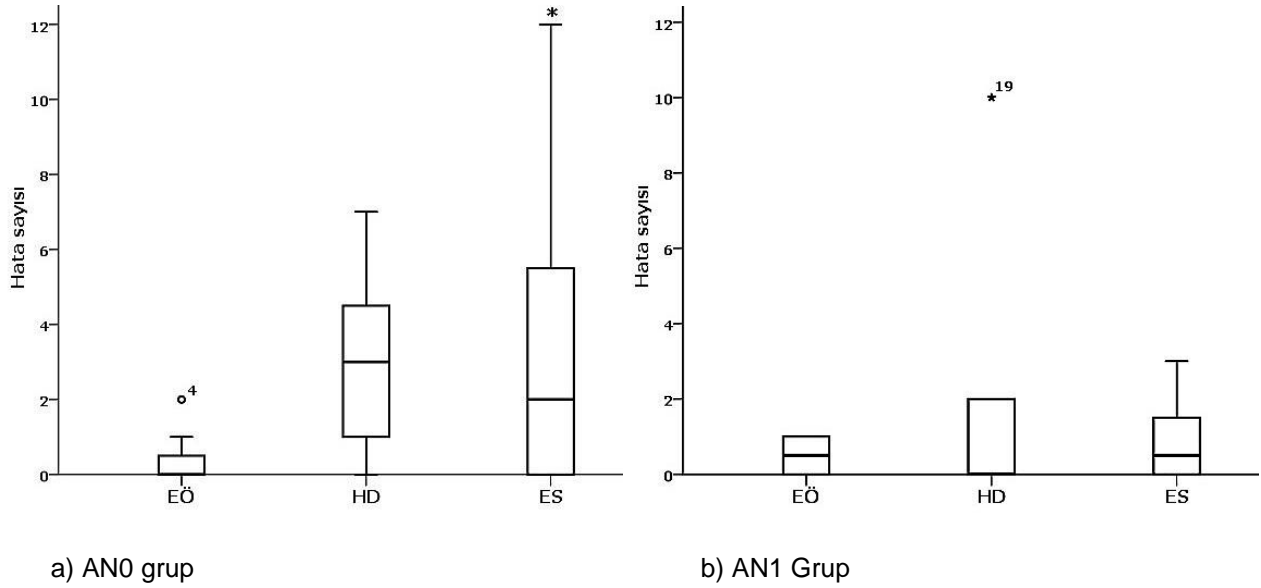
**Şekil 4.14.** a: Anaerobik kapasitesi düşük, b: Anaerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_TSR (R-Go) ortalamasının dönemsel değişimi grafiği. AN0 grupta ES ortalaması EÖ ortalamalarına göre yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

AN0 grubun ve AN1 grubun isabet yüzdesi ortalamaları arasında dönemsel olarak istatistiksel anlamlı fark bulunmamıştır (Şekil 4.15).



**Şekil 4.15.** a: Anaerobik kapasitesi düşük, b: Anaerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_İS% ortalamasının dönemsel değişim grafiği.

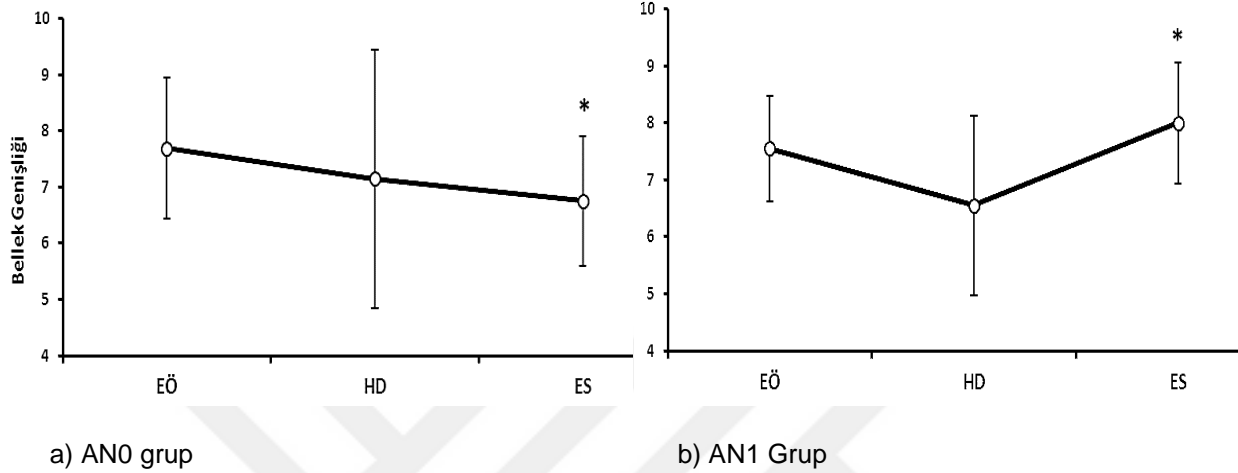
AN0 grupta eğitim sonrası ihmal hatası ortalaması eğitim öncesine göre artmış ve istatistiksel olarak anlamlıdır (Şekil 4.16.a) fakat AN1 grupta ihmal hatası eğitim öncesi ve eğitim sonrasına göre hipoksida artmış, isabet yüzdesi ise eğitim öncesi ve eğitim sonrasına göre hipoksida düşmüş olmasına rağmen bu değişimlerde istatistiksel anlamlılık tespit edilmemiştir (Şekil 4.15.b, Şekil 4.16.b).



**Şekil 4.16.** a: Anaerobik kapasitesi düşük, b: Anaerobik kapasitesi yüksek grubun, GNG\_İH ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AN0 grupta ES ortalaması EÖ ortalamasından yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0,05$ ).

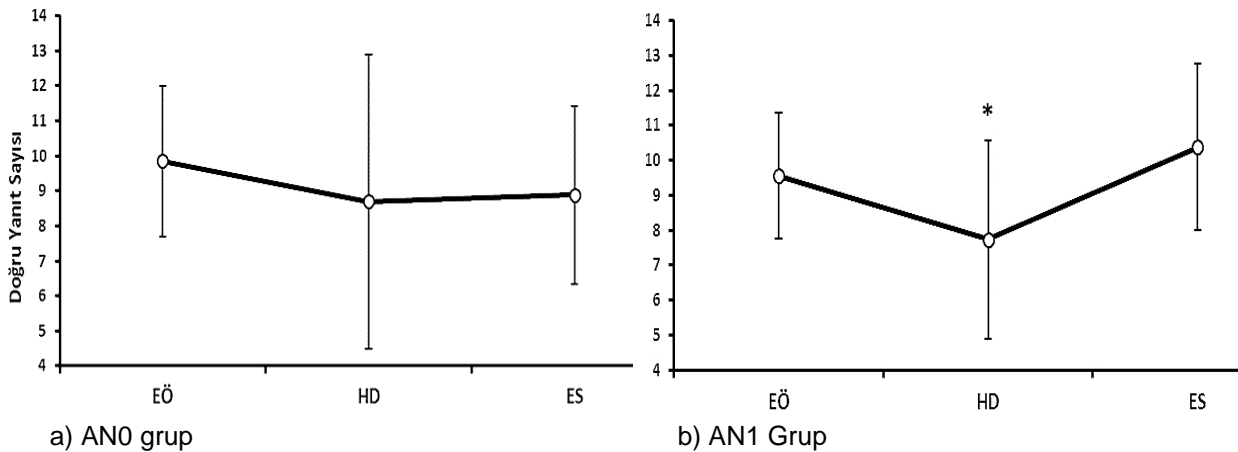
Anaerobik kapasite ile Digit Span testi verilerinin dönemsel değişimleri incelendiğinde AN0 grupta sadece hipoksi ile eğitim sonrası BG ortalamaları

arasındaki fark istatistiksel anlamlıdır (Şekil 4.17.a). AN0 grupta dönemler arasındaki DS, eğitim öncesi ile hipoksideki BG ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 4.17.a, Şekil 4.18.a).



**Şekil 4.17.** a: Anaerobik kapasitesi düşük, b: Anaerobik kapasitesi yüksek grubun, DSP\_BG ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AN0 grupta ES ortalaması HD ortalamasından düşük ve istatistiksel olarak anlamlı, AN1 grupta ES ortalaması HD ortalamasına göre yüksek ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

AN1 grupta hipoksi döneminde BG ortalamaları eğitim öncesine ve eğitim sonrası ortalamalarına göre düşüktür fakat sadece hipoksi ile eğitim sonrası ortalamaları arasındaki fark istatistiksel anlamlıdır (Şekil 4.18.b). Ayrıca hipoksi dönemindeki DS ortalamaları eğitim öncesine ve eğitim sonrası ortalamalarına göre düşüktür ve bu farklar istatistiksel anlamlıdır (Şekil 4.18.b).



**Şekil 4.18.** a: Anaerobik kapasitesi düşük, b: Anaerobik kapasitesi yüksek grubun, DSP\_DS ortalamasının dönemsel değişim grafiği. AN1 grupta HD ortalaması EÖ ve ES ortalamasına göre düşük ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Genel olarak elde edilen verilerden, AE1 grupta AE0 gruba göre uygulanan tüm nöropsikolojik test ortalamaları dönemsel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir. AN1 grupta ise sadece Go/NoGo test ortalamaları AN0 gruba göre dönemsel olarak değişiklik göstermemiştir, Digit Span testi ortalamaları ise hem AN1 hem de AN0 grupta dönemsel farklılıklar göstermiştir.

Nöropsikolojik test verileri ile aerobik kapasite göstergesi EK ( $VO_2$ maks) ve anaerobik kapasite göstergesi (KOG) değerleri arasındaki korelasyon incelemesinde EK ile Digit Span BG ( $r=0,440 / p=0,031$ ) ve DS ( $r=0,437 / p=0,033$ ) parametrelerinin hipoksi döneminde pozitif anlamlı korelasyon gösterdiği fakat eğitim öncesi ve sonrasında anlamlı korelasyon göstermediği tespit edilmiştir. KOG ile ise eğitim öncesi ( $r=0,472 / p=0,017$ ) ve hipoksi dönemi ( $r=0,483 / p=0,014$ ) Go/NoGo P-Go Tepki süresi arasında ve eğitim sonrası isabet yüzdesi ( $r=0,662 / p=0,005$ ) ile anlamlı pozitif korelasyon bulunmuş diğer korelasyonlarda anlamlılık bulunmamıştır (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5.** Aerobik ve anaerobik kapasite göstergeleri ile nöropsikolojik test verilerinin dönemsel değişimi arasındaki korelasyon tablosu. (-): Korelasyon yok, (+): Korelasyon var.

	Eğitim Öncesi		Hipoksi Dönemi		Eğitim Sonrası	
	AK	KOG	AK	KOG	AK	KOG
<b>GNG_TSP</b>	-	+*	-	+*	-	-
<b>GNG_TSR</b>	-	-	-	-	-	-
<b>GNG_İS%</b>	-	-	-	-	-	+ #
<b>GNG_İH</b>	-	-	-	-	-	-
<b>DSP_BG</b>	-	-	+*	-	-	-
<b>DSP_DS</b>	-	-	+*	-	-	-

## 5- TARTIŞMA

Akut hipoksi havacılığın ilk günlerinden başlayarak uçucular için en önemli uçuş emniyet risklerinden birisi olmaya devam etmektedir. Bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalarda özellikle akut hipoksinin bir sonucu olan entelektüel, bilişsel ve psikomotor işlevlerin bozulmasına odaklanılmıştır (Petrassi vd., 2012). Bununla beraber akut hipoksinin oluşturabileceği risklere yönelik hem hipoksinin çabucak farkına varılması hem de hipokside iken zihinsel işlevlerin mümkün olduğunca korunmaya çalışılması amacıyla tedbirler düşünülmektedir. Akut hipoksinin bilişsel işlevleri olumsuz yönde etkilediğini gösteren önceki çalışmalarla uyumlu olarak bu çalışmada elde edilen bulgulardan 5.486 m (18.000 ft) YEB'da hipokside ve hipoksi eğitimi ardından uygulanan testlerde, eğitim öncesi yer şartlarına göre hem bilişsel hem de psikomotor işlevlerin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte bu çalışmada asıl amacımız akut hipoksideki nöropsikolojik testlerdeki bozulmaya aerobik ve anaerobik kapasitenin nasıl etki ettiği'dir. Bu açıdan incelediğimizde aerobik kapasitenin yüksek olmasının daha fazla bilişsel olmak üzere hem bilişsel hem de psikomotor işlevlerin hipoksideki ve sonrasındaki nöropsikolojik testlerdeki bozulmaya karşı koruyucu etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan anaerobik kapasitenin derecesinin akut hipokside bilişsel ve psikomotor bozulmayla doğrudan olumlu ya da olumsuz bir ilişkisinin olmadığı anlaşılmaktadır. Fakat kan oksijen saturasyonu düşüşlerinin ardıl etkisinden kaynaklanabileceği değerlendirilen eğitim sonrası nöropsikolojik bozulmaya karşı olumlu yönde koruyucu etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Yüksekliğin bilişsel ve psikomotor işlevlere etkilerinin incelendiği çalışmalardaki şartlar hafif, orta ve ağır hipoksi (Tablo 2.1) göz önüne alındığında çalışmamız orta şiddette hipoksi etkileri grubuna girmektedir. Havacılıkta hipoksi olayları incelendiğinde uçucuların maruz kaldığı hipoksi olayları ile çoğunlukla 19.000 ft altı yüksekliklerde karşılaşıldığı gösterilmiştir (Cable, 2003). Buna karşılık ağır hipoksinin bilişsel ve psikomotor işlevler üzerine olumsuz etkileri konusunda fikir birliği bulunmaktadır (Asmaro, Mayall, Ferguson, 2013; Malle vd., 2013; Stepanek vd., 2013; Neuhaus, Hinkelbein, 2014) fakat hafif ve orta şiddette hipoksinin bilişsel ve psikomotor etkileri halen tartışılmaktadır. Hafif ve orta şiddette hipoksinin etkileri ile ilgili olarak 1995 yılında yapılan bir çalışmada (McCarthy, Corban, Legg, Faris, 1995) 2133 m (7.000 ft) ve 3.657 m (12.000 ft) alçak basınç şartlarında yapılan nöropsikolojik testlerde normal şartlarla karşılaştırıldığında, 3.657 m (12.000 ft)'de daha belirgin olmak üzere tepki sürelerinde uzama ve isabet oranlarında düşüş bildirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri sivil havacılık kurumu (FAA) adına 2438 m (8.000 ft), 3048m (10.000 ft) ve 3810m (12.500 ft) normobarik hipoksi şartlarında yapılan bir çalışmada hipoksik grubun kontrol grubuna göre uçuş simülatörü ile yaptığı yöntemsel hataların özellikle uçuşun son kısımlarında daha fazla olmak üzere artış gösterdiği rapor edilmiştir (Nesthus,

Rush, Wreggit, 1997). Bir başka çalışmada 2800 m (9186 ft), 3600 m (11.811 ft) ve 4400 m (14.435 ft) alçak basınç odasında birer saat kalan deney grubunun yer seviyesine göre kısa süreli bellek performansının düştüğü ve tepki sürelerinin uzadığı gösterilmiştir (Du, Li, Zhuang, Wu, Wang, 1999). 2438 m (8.000 ft) eşdeğer normobarik hipoksik şartlarda ( $F_{iO_2}=14,3$ ) yapılan bir çalışmada 2 saat süren deney boyunca hipoksik gaz soluyan grubun kontrol gruba göre karmaşık karar verme ve bellek performansı anlamlı değişmemiş fakat çelişkili ve karmaşık mantık yürütme (reasoning) yeteneğinde bozulma tespit edilmiştir (Legg vd., 2012). Aynı yöntemle yapılan bir diğer çalışmada yine 2438 m (8.000 ft) eşdeğer normobarik şartlarda hafif hipoksinin işleyen bellek ve karmaşık mantık yürütme yeteneklerini bozabileceği bildirilmiştir (Legg vd., 2014). Son yıllarda yapılan bir çalışmada ise yer seviyesi, 1524, 2438, ve 3658 m (5.000, 8.000, ve 12.000 ft) alçak basınç odası YEB şartlarında 20'şer dakikalık nöropsikolojik testler uygulanmıştır. 1524 ve 2438 m (5.000 ve 8.000 ft) yüksekliklerde yer seviyesine göre çok az veya hemen hemen hiç bilişsel performans düşüklükleri gözlenmezken 3658 m (12.000 ft) yüksekliklerde yer seviyesine göre az fakat anlamlı performans düşüklüğü ve öznel semptom artışı tespit edilmiştir (Pilmanis, Balldin, Fischer, 2016). Bunlara karşılık literatürde hafif ve orta şiddetteki hipoksiye maruz kalmanın bilişsel ve psikomotor işlevlere anlamlı derecede olumsuz etkisinin olmadığına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır (Paul, Fraser, 1994; Hewett, Curry, Rath, Collins, 2009; Legg vd., 2016). Bu konu ile ilgili bir derlemede hafif ve orta derece hipoksilerin bilişsel ve psikomotor işlevler üzerine etkileri özetlenmiştir (Petrassi vd., 2012). Bu derlemede, tepki süresi uzamasının 2134 m (7000 ft), öğrenme yeteneği bozulmasının 2438 m (8.000 ft), aritmetik hatalar ve karar verme yeteneklerinin 3658 m (12.000 ft) ve işleyen belleğin 2785 m (9.136 ft) gibi düşük yüksekliklerden itibaren bozulmaya başladığı rapor edilmiştir. Ayrıca hafif ve orta derecede hipoksidede genellikle basit nöropsikolojik testlerin ölçtüğü işlevlerin korunduğu, karmaşık nöropsikolojik testlerin ölçtüğü işlevlerde belirgin düşüklük gözlemlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu tespit edilemeyen gizli karmaşık bilişsel yetersizliklerin havacılık kazalarına zemin hazırlayabilecek önemli derecede yetersizlikler olabileceği vurgulanmıştır.

Çalışmamıza yakın YEB'da yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Alçak basınç odasında 5.181 ve 7.620 m (17.000 ve 25.000 ft) YEB'da içerisinde Digit Span ileri (forwards) ve geri (backwards) testleri de bulunduran nöropsikolojik testler ile yapılan bir çalışmada 7.620 m (25.000 ft) YEB'da normal koşullara göre diğer psikomotor testlerin ve Digit Span testi bellek genişliği ortalamalarında anlamlı düşüş tespit edilmiştir. Fakat 5.181 m (17.000 ft) YEB'da 30 dakika süreyle yapılan denemelerde normal koşullara göre Digit Span ileri ve Stroop testindeki bozulma istatistiksel olarak anlamlı farklı değilken, Digit Span geri ve Trail Making testlerindeki bozulmalarda anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Asmaro vd., 2013). Bu çalışmadan farklı olarak çalışmamızda kullanılan Digit Span ileri testi ile hipoksidede eğitim

öncesine göre anlamlı farklılık bulunmuştur (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Bunun nedeni çalışmamızdaki yüksekliğin 304 m (1.000 ft) daha yüksek şartlarda yapılması ve seçilen katılımcıların yaş gruplarının (19-69 yaş) farklı olmasından kaynaklanabilir. Bu sonuçların ardından işleyen bellek ve kısa süreli bellek gibi bilişsel işlevlerin hipoksiye maruz kalmaktan olumsuz etkilendiği fakat kan oksijen doygunluğunun normale dönmesi ile bu olumsuz etkinin ortadan kalkmış olabileceği anlaşılmaktadır. Genel olarak kan oksijen doygunluğu normal düzeye ulaştığında akut hipoksiden kaynaklanan performans bozukluklarının kaybolacağı kabul edilmektedir. Bununla beraber son yıllarda yapılan bir çalışmada belirli bir süre hipoksi ardından, kan oksijen doygunluğu normal seviyelerine döndükten sonra da devam eden bilişsel performans bozukluğu tanımlanmıştır. 5486 m (18.000 ft) eşdeğer normobarik hipoksik ( $F_{iO_2} = \%10$ ) hava solunarak yapılan ilgili çalışmada hipoksi öncesi ve 30 dakika hipoksi süresince randomize olarak 5 nöropsikolojik test uygulanmıştır. Aynı testler hemen hipoksi ardından, 60 dk, 120 dk ve 24 saat sonra olmak üzere 6 defa uygulanmıştır. Görsel berraklık, renkli görme, Sayısal Stroop ve İshara Plakaları gibi nöropsikolojik testlerde dönemler arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Fakat tepki süreleri ortalamaları hipoksi, hipoksi sonrası 120 dk dahil, hipoksi öncesi bazal seviyelerine dönmemiş, ancak 24 saat sonraki denemede bazal seviyeleri ortalamalarına dönmüştür. Sonuç olarak hipoksiye maruz kalmanın etkilediği tepki sürelerinin uzaması kan oksijen doygunluğu normale dönse bile bir süre devam ettiği vurgulanmıştır (Phillips, Hørning, Funke, 2015). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde özellikle Go/NoGo R-Go testinde katılımcıların tepki süresi ortalamalarının hipoksideki anlamlı uzaması eğitim sonrası ölçümde, eğitim öncesine göre anlamlı fark tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Bununla beraber aynı şekilde Go/NoGo testinde hipokside iken ihmal hatalarının artışı da eğitim sonrası anlamlı şekilde devam etmiştir (Şekil 4.3). Diğer taraftan katılımcıları aerobik kapasitelerine göre gruplandırdığımızda AE1 grubun eğitim sonrası Go/NoGo tepki süresi, ihmal hatası ortalamaları hem genel gruplandırmaya ait bulgularla hem de aerobik kapasitesi düşük gruptan farklı olarak hipoksi dönemine göre eğitim öncesi seviyelerine geri dönüş göstermiştir (Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.10). Ağırlıklı olarak psikomotor işlevlerin ölçüldüğü bu sonuçlardan, hipoksiye maruz kalmanın psikomotor işlevler üzerine olumsuz etkilerinin olduğu ve bu etkilerin maruz kalmadan sonra bir süre daha devam edebileceği anlaşılmaktadır. Fakat aerobik kapasitenin geliştirilmesi ile bu olumsuzluğun azaltılması mümkün olabilir.

Son yıllarda 5500 m (18.044 ft) eşdeğer normobarik hipoksik ( $F_{iO_2} = \%10$ ) hava solunarak yapılan bir araştırmada bulgularımızla uyumlu olarak hipoksik hava soluyan grupta kontrol grubuna göre tepki sürelerinde uzama, dikkat, hafıza ve yürütücü bilişsel işlevlerde belirgin bozulmalar olduğu bildirilmiştir (Turner, Barker-Collo, Connell, Gant, 2015). Ayrıca kontrol grubunda gözlenen denemelerin tekrarı ile tanımlanan öğrenme etkisinin

nöropsikolojik testlere olumlu katkısının aksine hipoksik grubun test verilerinin daha da gerilediği rapor edilmiştir (Collie, Maruff, Darby, McStephen, 2003).

Hipoksinin bilişsel işlevlere olan etkilerinin nörofizyolojik temellerine odaklandığımızda hipokside, nöronal fonksiyon bozukluğundan hipoksinin ciddiyetine göre metabolik homeostaz ve moleküler hasara yol açarak sinirsel bütünlüğün bozulmasına kadar değişen birtakım bozukluklar rapor edilmiştir. Bunun sonucu olarak bu işlevlerin bilişsel sonuçlarının değerlendirilmesi beyinde oksijen eksikliğine duyarlı bölgelerin nereler olduğunun anlaşılmasını sağlamıştır (Turner vd. 2015). Dikkat ve işlem hızı gibi bilişsel işlevler birçok geniş ölçekli sinirsel ağ ile desteklenmektedir. Bunlar arasında birincil ve ikincil duysal korteks ve bazı parietal ve frontal alanlar da bu işlevlere katılmaktadırlar. Dikkat bozuklukları, uyanıklık ve sürdürülebilir dikkat bozuklukları oksijen yetersizliklerine bağlı olarak yüksekliğe (hipobarik hipoksi) maruz kalanlarda ve iskemik beyin hasarı geçirenlerde gözlenmektedir (Anderson, Arciniegas, 2010). Hipoksik veya iskemik mekanizmalarla ortaya çıkan bellek bozuklukları da dikkat bozuklukları ile aynı anda ortaya çıkmaktadırlar. Bellek işlevleri öğrenme, depolama ve geri çağırma bileşenlerinden oluşur ve frontal korteksten aşağıya doğru sinirsel bağlantıları bulunur. Geri çağırma bellek işlevi, prefrontal yapılar tarafından başlatılmakta ve temporal lobdaki, özellikle hipokampustaki bellek bölgelerini etkinleştirerek işlev görmektedir (Buckner, Wheeler, 2001). Geri çağırma ile ilgili hipokampustaki CA1 piramidal nöronlarının bölgedeki oksijen yetersizliğine en duyarlı hücreler olduğu anlaşılmıştır (Schmidt-Kastner, Freund, 1991). Yürütücü bilişsel işlevler arasında karar verme, baskılanma (inhibisyon), öngörü, içgörü ve planlama gibi bilişsel süreçler bulunmaktadır (Virués-Ortega, Buela-Casal, Garrido, Alcázar, 2004; Anderson, Arciniegas, 2010). Yürütücü işlevler, dorso-lateral ve prefrontal-subkortikal bağlantılar tarafından desteklenir. Bu karmaşık kortikal ve subkortikal sinir ağı, frontal lobu birçok subkortikal yapıya bağlar ve işlevsel olarak orbitofrontal ve ön singulat girus sinir ağı ile uyumlu çalışır (Arnsten, Rubia, 2012). Beyinde oksijen yetersizliğinde bilişsel işlevler açısından frontal korteks hassas rol oynamaktadır. Frontal korteksin özellikle 3, 5 ve 6. kortikal katmanları hipoksik/iskemik süreçlerde olumsuz etkilenirler (Greer, 2006). Prefrontal korteks, frontal korteksin bilişsel süreçlerine bağlantı sağlamaktadır ve hipoksiden olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir (Schneider, Strüder, 2009). Bununla beraber oksijensizliğe bağlı frontal korteks ve bağlantılı bölgelerde ortaya çıkan etkilerin, yaşlılığa bağlı bilişsel bozukluklara benzerlik gösterdiği ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Keys, White, 2000). Beyindeki psikomotor faaliyetler açısından işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ile yapılan çalışmalarda sol presentral girus ve sol dorsolateral prefrontal korteks bölgelerinin önemli olduğu gösterilmiştir (Zakzanis, Mraz, Graham, 2005). Frontal lobun bu iki bölgesinin, birçok motor kontrolden ve bilişsel esneklik, hızlı tepki gerektiren görevlerin başarılmasından sorumlu olduğu



düşünülmektedir (Sakai, Passingham, 2006). Sonuç olarak bugüne kadar elde edilen veriler beyine gelen oksijen miktarı azaldığında en fazla frontal korteks, prefrontal korteks ve hipokampusun belirgin şekilde etkilendiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, birçok bilişsel ve psikomotor işlev bozukluğunun nedeni olarak değerlendirilmektedir (Turner vd., 2015).

Genel anlamda fiziksel aktivitenin beyinde hem fonksiyonel anlamda hem de sinir hücrelerini koruyucu etkileri olduğuna dair çalışmalar bulunmakla beraber konu tam olarak aydınlığa kavuşmamıştır (Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman, Vanhees, 2008; Phillips, Baktir, Srivatsan, Salehi, 2014). Egzersiz ve hipoksi konusunda ise belli sürelerle yükseklerde ya da hipoksik koşullarda bulunmanın ve aynı zamanda bu koşullarda egzersiz yapmanın deniz seviyesindeki sportif başarıya etkileri de araştırılmıştır (McLean, Gore, Kemp, 2014). Bu araştırmalarda uzun süre hipoksiye maruz kalmanın başlattığı alyuvar yapımı hızlanması, akciğer difüzyon kapasitesi artışı ve dokuların oksijen kullanma yeteneklerinin artışı gibi uyum mekanizmalarının sonucu olarak normoksik şartlarda yapılacak egzersiz kapasitesini artırabileceği değerlendirilmektedir. Çalışmamızda ise hipoksinin kronik etkileri değil egzersiz kapasitelerinin akut hipoksida rastlanan bilişsel bozukluklar gibi bazı olumsuz yanıtlara olan etkisi araştırılmıştır. Akut hipoksida egzersiz ve bilişsel bozukluklar ile ilişkili son yıllarda yapılan çalışmalarda normobarik hipoksi [2600 m (8.530 ft) eşdeğer ( $F_{iO_2}:0.15$ )] şartlarında bisiklet ergometresi ile yapılan orta seviyede egzersizin hipoksinin bilişsel ve psikomotor fonksiyonlara olan olumsuz etkilerini azalttığı hatta bu etkilerin ortaya çıkmadığı gösterilmiştir (Ando vd., 2013; Komiyama vd., 2015). Fakat bu tür çalışmalar da bizim araştırma konumuz olan egzersiz kapasitesinin akut hipoksinin olumsuz yanıtlarına etkileri konusu ile benzer değildir. Bizim çalışmamızın konusu ile doğrudan ilgili en yakın literatür bilgisi 2013'de FAA adına 7.620 m (25.000 ft) yükseklik şartlarında yapılan ve akut hipoksi dayanıklılığının fizyolojik belirleyicileri ile ilgili çalışmanın sonuç kısmında bulunmaktadır (Self, Mandella, White, Burian, 2013). Söz konusu araştırmada 5 dakika 7.620 m (25.000 ft) yüksekliğe eşdeğer normobarik hipoksiye maruz kalma durumunda kanın oksijen doygunluğundaki düşüş miktarı akut hipoksi dayanıklılığının bir göstergesi kabul edilmiş ve çeşitli fizyolojik ölçümler ile regresyon analizleri yapılmıştır. Kişinin kandan beyin ve kas dokusuna oksijen aktarımı yapabilme yeteneği ne kadar fazla ise akut hipoksi dayanıklılığının o derece yüksek olacağı çıkarımında bulunulmuştur. Ayrıca bu aktarım yeteneğinin büyük oranda genetik olmasının yanında düzenli bir aerobik egzersiz programı ile elde edilebilecek fiziksel kondisyon ile de geliştirilebileceği ifade edilmiştir. Bu çalışma her ne kadar deney yükseklikleri farklı olsa da bizim elde ettiğimiz bulgularla kısmen uyumluluk göstermektedir. Bu çalışmadan farklı olarak çalışmamızda akut hipoksi dayanıklılığının göstergesi olarak oksijen doygunluğundaki düşme hızı yerine hipoksinin önemli

bir sonucu olan bilişsel ve psikomotor bozulma derecesi kullanılmış olup aerobik ve anaerobik kapasite seviyeleri ile ayrı ayrı ilişkilendirilmiştir.

Katılımcılar ilk olarak aerobik ve anaerobik kapasite ortalamalarına göre yüksek ve düşük olmak üzere ikiye gruba ayrılıp her üç dönemde karşılaştırma yapıldığında en belirgin bulgu aerobik kapasitesi yüksek grubun hipoksi döneminde Digit Span testinde aerobik kapasitesi düşük gruba göre daha başarılı olduğudur (Tablo 4.3). Digit Span testi prosedür gereği deney akışında Go/NoGo testinden sonra gelmektedir ve hipoksi döneminde maruz kalma süresinin ileri aşamalarında katılımcılar tarafından geçilmiştir. Yani maruz kalma süresi bakımından hipoksinin etkileri Digit Span testinde daha belirgin ortaya çıkmış olabilir. Bu durum ayrıca, Go/NoGo testi için hipoksi döneminde kapasitesi yüksek ve düşük gruplar arasında belirgin bir fark gözlenmemesinin nedeni olabilir. Bu bulgulardan aerobik kapasitenin yüksek olmasının bilişsel fonksiyonların korunması bakımından daha avantajlı olabileceği sonucu çıkarılabilir. Bu incelemedeki bir diğer bulgu ise anaerobik kapasitesi yüksek grubun tepki sürelerinin eğitim öncesinde ve hipoksi döneminde anaerobik kapasitesi düşük gruba göre daha uzun ve anlamlı olup eğitim sonrasında ise yine uzun olup anlamlılığın kaybolmasıdır (Tablo 4.4). Bu bulgu hipoksi dönemi ile eğitim öncesi karşılaştırıldığında bir farklılık göstermemesi nedeniyle hipoksiden kaynaklanmış bir etki olamayacağı değerlendirilmiştir. Eğitim sonrası ise anlamlı farkın kaybolması örneklem sayısının azalmış olmasına veya oksijen saturasyon düşüşlerine (ardıl etki) bağlı olabileceği değerlendirilmiş olup literatürde söz konusu bulgu ile uyumlu bir çalışmaya rastlanmamıştır. Nitekim diğer nöropsikolojik test verileri ayrıntılı olarak incelendiğinde her ne kadar anlamlı farklılık olmasa da diğer dönemlerden farklı olarak eğitim sonrasında anaerobik kapasitesi düşük grubun anaerobik kapasitesi yüksek gruba göre isabet yüzdelerinin düşmüş, ihmal hatalarının artmış, bellek genişliklerinin ve doğru yanıt sayılarının azalmış olduğu görülmektedir.

Bu bulgularla uyumlu olması bakımından AK ve KOG ile nöropsikolojik test parametreleri arasında korelasyon incelemesinde hipoksi döneminde AK ile Digit Span (BG ve DS) verilerinin, KOG ile EÖ ve HD P-Go tepki sürelerinin pozitif bağıntılı olduğu görülmektedir. Go/NoGo isabet yüzdesinin de eğitim sonrası dönemde KOG ile pozitif bağıntılı olması oksijen saturasyonu düşüşlerinin ardıl etkisinin özellikle psikomotor fonksiyonların ölçüldüğü Go/NoGo testindeki anaerobik kapasite düşüklüğünden olumsuz etkilendiğinin bir göstergesi olabilir (Tablo 4.5).

Aerobik zindeliğin gelişim çağındaki çocuklarda bilişsel fonksiyonlar ve bilişsel kontrol gereksinimlerine olumlu etkilerinin olduğuna yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Hillman, Buck, Themanson, Pontifex, Castelli, 2009; Kao vd., 2017). Fakat aerobik veya anaerobik kapasitenin hipoksi koşullarında

nöropsikolojik test verilerine etkisi ile ilgili literatürde bir çalışma bulunamamıştır.

İkinci aşamada aerobik ve anaerobik kapasitelerin hipoksideki bilişsel etkilerini doğrudan belirleyebilmek için fiziki performanslarına göre gruplandırmış olduğumuz katılımcıların EÖ, HD ve ES dönemleri arasında nöropsikolojik test sonuçlarının değişimine bakılmıştır. Burada elde edilen en önemli bulgu aerobik kapasitesi yüksek grubun, tüm katılımcıların genel bulgularından farklı olarak hem Go/NoGo hem de Digit Span test parametreleri bakımından hipoksi döneminde ve eğitim sonrasında, eğitim öncesine göre anlamlı farklılık gözlenmemesidir. Hipoksida gözlenen nöropsikolojik test ortalamalarındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir. Fakat aerobik kapasitesi düşük grubun nöropsikolojik test sonuçları tüm katılımcıların genel bulgularına benzer şekilde hipoksida istatistiksel anlamlı farklılık göstermiştir. Hipoksida ortaya çıkan bu farklılık Go/NoGo testinde eğitim sonrası dönemde de devam etmiş fakat Digit Span testinde ise eğitim sonrasında eğitim öncesi değerlere geri dönmüştür. Bu bulgular aerobik kapasitenin yüksek olmasının hipoksida bilişsel ve psikomotor fonksiyonlara olumlu etkisinin olduğunu göstermektedir.

Psikomotor fonksiyonlar açısından anaerobik kapasitesi düşük grubu incelediğimizde Go/NoGo testinde özellikle eğitim öncesine göre eğitim sonrasında belirgin bozulmalar vardır. Örneğin R-Go tepki süresi ile ihmal hatası ortalamaları bakımından eğitim öncesi ile eğitim sonrası arasında anlamlı farklılık varken anaerobik kapasitesi yüksek grupta bu fark bulunmadığı gibi aksine eğitim sonrası değerler neredeyse eğitim öncesi değerlere dönmüştür. Bilişsel açıdan ise Digit Span test verilerinde anaerobik kapasitesi yüksek grup tüm katılımcıların genel bulgularına benzer şekilde hipoksida azalma gösterip eğitim sonrası düzelme göstermesine rağmen anaerobik kapasitesi düşük grup, tüm katılımcıların genel bulgularının aksine hipoksideki azalma eğitim sonrasında da tespit edilmiştir. Bu bulgularla beraber 'öğrenme etkisi' de göz önüne alındığında testlerdeki başarısızlığın eğitim sonrası denemelerde de tespit edilmesi oldukça anlamlıdır. Bu da anaerobik kapasitesi düşük kişilerin bilişsel fonksiyonlar açısından hem hipoksiye hem de oksijen satürasyonu düşüşlerinin ardıl etkisine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte anaerobik kapasitesi yüksek grubun anaerobik kapasitesi düşük olanlardan hem hipoksida hem de eğitim sonrasında daha başarılı olduğu görülmektedir. Ayrıca aerobik kapasitesi yüksek grup ile anaerobik kapasitesi yüksek grubun Go/NoGo testi skorları birbirine yakındır. Bunun nedeni yüksek bir anaerobik kapasite için belli seviyede aerobik kapasitenin de olması gerektiği veya anaerobik kapasitesi yüksek kişilerin belli seviyede aerobik kapasitelerinin de olması gerekmesi olabilir (Yıldız, 2012). Fakat bunun yanında aerobik kapasitesi yüksek grubun içerisinde aynı zamanda anaerobik kapasitesi de yüksek katılımcıların

olabilmesi nedeniyle aerobik kapasite etkileri ile anaerobik etkileri birbirleri ile karşılaştırmak ve bu bulgularla net bir yorum yapmak sağlıklı görülmemiştir. Fakat bilişsel ve psikomotor fonksiyonların devamı için beynin kullandığı enerji kaynağı oksidatif fosforilasyonla elde edilen ATP olması nedeniyle oksijen kinetiği ile aerobik kapasite doğrudan ilişkili olabileceği de değerlendirilmiştir. Ayrıca nöronların enerji depolama kapasitesi düşüktür ve nöronlar zihinsel işlevler için aerobik metabolizma ile sürekli bir enerji üretimine ve desteğine ihtiyaç duyarlar (Turner vd. 2015). Bu nedenle aerobik kapasitenin yüksekliğinin hipokside bilişsel fonksiyonların korunmasında etkili olabileceği fakat anaerobik kapasitenin yüksekliğinin kognitif fonksiyonların hipoksidedeki düşüşüne olumlu veya olumsuz bir etkisinin olmayabileceği değerlendirilmesi yapmak mümkündür.

Çalışmamızın kısıtlamaları arasında uygulanan nöropsikolojik testler esnasında katılımcıların hangi irtifada olduklarının farkında olmaları ve ayrıca hipoksidede iken de bu durumun onlara ilave bir motivasyon getirmesi bakımından olumsuz bir durum olarak değerlendirilmiştir. Katılımcı sayısının yeterli olmaması nedeniyle plasebo veya kontrol grubu belirlenip aynı koşullarda hileli ve taklit bir deney daha planlanamamıştır. Katılımcıların genç ve sağlıklı kişiler olması ve halen uçuş okulu öğrencisi olmalarının verdiği psikoloji ile hipoksi eğitimi esnasındaki nöropsikolojik testlerde başarısız olmamak için ilave motive oldukları gözlenmiştir. Bununla birlikte nöropsikolojik testlerde elde edilen az da olsa dönemler arası farklılıklar yüksek yaş gruplarında daha da anlamlı olması muhtemeldir (Pilmanis vd., 2016). PEBL yazılımının nöropsikolojik testleri başlatma zincirinde rastgele başlatma özelliği olduğu sonradan fark edilmesi nedeniyle bu özellik kullanılamamıştır. Çalışmanın bir diğer kısıtlaması ise hedeflediğimiz yükseklikteki [5486 m (18.000 ft)] hipoksi etkilerin eğitimin 7.620 (25.000 ft) metredeki olağan hipoksi eğitiminin ardından gelmesi nedeniyle yalın bir 5486 m (18.000 ft) hipoksi yanıtı gözlenememesidir (ardıl etki). Ayrıca hipoksi dönemindeki nöropsikolojik testler esnasında katılımcıların oksijen maskeleri takılı olduğu halde diğer testler esnasında oksijen maskeleri takılı olmadığından dolayı oksijen maskesinin hipoksi ile beraber ilave bir rahatsızlık verebilecek ve katılımcıları olumsuz yönde etkileyebilecek bir etken olabilmesi de mümkündür. Son olarak katılımcılar çalışmanın deney kısmındaki faaliyetler dışında insan santrifüjü (G-Lab), uçucu vertigosu (Gyro-Lab) ve atlama sandalyesindeki eğitimlerini de dört günlük sürede tamamlamışlardır. Diğer eğitimlerdeki zihinsel ve fiziksel zorlanmaların, bu çalışmanın sonuçlarına önemli derecede etkileri olmadığı değerlendirilmiştir.

## 6- SONUÇ VE ÖNERİLER

Havacılıkta hipoksi öngörülmesi zor, sinsi başlangıçlı ve muhakeme yeteneğini bozarak fark edilmeyi güçleştirici bir uçuş emniyet riskidir. Bu durumun en ciddi önlemi uçucunun hipoksiyi erkenden fark edip gerekli önlemleri uygulamasıdır. Burada hipoksi dayanıklılığı noktasında önemli olan hipoksik koşullara uzun süre dayanmaya çalışmak değil, uçucunun bilişsel ve psikomotor yeteneklerini kaybetmeden önce bu durumdan çıkmasını sağlayacak önlemleri uygulayabilmesidir. Bu amaca yönelik olarak yapılmış olan bu çalışmanın sonuçlarına göre düzenli spor faaliyetleri ile aerobik kapasitenin geliştirilmesinin orta şiddette hipoksidede bilişsel ve psikomotor fonksiyonların korunmasında yararlı olduğu anlaşılmıştır. Havacılıkta en sık rastlanabilecek hipoksi acil durumları genellikle orta şiddette hipoksi şeklindedir. Aslında uçucuların uçuş performanslarının sağlık yönünden artırılması amacıyla düzenli egzersiz alışkanlığı edinmeleri uzun zamandır tavsiye edilmektedir. Fakat özellikle hangi tür egzersizin akut hipoksi dayanıklılığını nasıl etkilediği tam olarak aydınlatılmamıştır. Çalışmamızda aerobik kapasitenin yüksek olmasının hipoksidede bilişsel ve psikomotor fonksiyonlara olumlu katkıları olduğunu bununla birlikte anaerobik kapasitenin yüksek olmasının da hipoksiye maruz kalmanın ardından devam edebilen psikomotor ve bilişsel bozulmaların kısa sürede düzelmesinde olumlu etkileri olabileceğidir.

Bu çalışmada nöropsikolojik testlerden elde edilmiş olan veri ortalamalarındaki düşük seviyedeki farklılıklar normal şartlarda bir önem ifade etmese de havacılık ortamının kendine özgü, her saniye ve dakikanın uçucular için hayati önemde olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu farklılıkların önemi anlaşılmaktadır. Uçuculara düzenli spor alışkanlığı kazandırmanın onların akut hipoksi dayanıklılığını arttırabilecek bir etken olarak önerilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte kazandırılacak bu spor alışkanlığının hem aerobik kapasiteyi artırıcı özellikte egzersizler ihtiva etmesinin yanında anaerobik kapasitenin de ihmal edilmemesi gerektiği anlaşılmaktadır. Özellikle aerobik ve anaerobik kapasitesi düşük katılımcılarda gözlenen hipoksidedeki ihmal hatalarının artışı ve hipoksiye maruz kalma sonrasında da sürmesi uçuş sırasındaki bir hipoksi hadisesinde ve devamında genel uçuş prosedür hata oranının artışı ve kaza kırım riskinin yükselmesine neden olma ihtimalini beraberinde getirmektedir.

Bu konuda ileride, katılımcılara çalışma öncesinde belirli egzersiz programları verilerek yapılacak çalışmalarda aerobik veya anaerobik kapasitelerinin ilave gelişimi sağlanmak suretiyle hipoksik şartlardaki bilişsel fonksiyonların değişimi daha net değerlendirilebilir. Hipoksidedeki yanıtlarının daha belirgin olması bakımından nöropsikolojik testlerden çözülmesi daha karmaşık olan türleri tercih edilebilir. Ayrıca daha geniş bir katılımcı grubu ile

saf aerobik kapasite ile anaerobik kapasitenin birbiri ile kıyaslanması mümkün olabilir. Özellikle hipoksizde desatürasyonun zamanla ilerlemesi ve testlerin aynı hipoksik şartlara denk gelmemesi nedeniyle zincir testlerin rastgele sıralama ile başlaması seçeneği kullanılmalıdır. Planlanacak çalışmalarda kontrol grubu kullanılarak ya da katılımcının hipoksi olduğunun farkına varmadan yapılacak bilişsel değerlendirmelerde plasebo etkisinin önüne geçilebilir. Bunların yanında hipoksizde ve bilişsel fonksiyonların ölçümü sırasında beyin kan akımı, fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIR), elektro ensefalografi (EEG) ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) gibi ileri ölçüm yöntemleri kullanılarak daha nesnel ve belirgin bulgulara ulaşılabilir. Hipoksi gibi uçuş emniyet riski ve inkapasitasyon oluşturabilecek diğer fizyolojik durumların uçuşu tarafından fark edilip gerekli tedbirlerin uygulanması ilkesine dayanan mevcut önlemler yerine daha nesnel bir şekilde pilotun fizyolojik verilerinin takibi ve gerçek zamanlı analizi ile ikaz verebilen teknolojik uyarı sistemleri geliştirilmesi gerekmektedir. Elde edilecek bulgularla bugün bile tam olarak kapsamı belirlenememiş akut hipoksi dayanıklılığı kavramına ve hipoksinin erken ve nesnel olarak tespit yöntemi geliştirilmesi çalışmalarına katkı yapmak mümkün olabilecektir.

Gelişen havacılık ve uzay teknolojisi ile keşfedilmeye çalışılan olağan dışı ve oksijenden yetersiz koşullar nedeniyle hipoksi dayanıklılığı ve hipoksinin insan fizyolojisine etkilerinin araştırma faaliyetleri her zaman gerekli olacaktır.

## 7- KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ahonen, B., Dunham, C., & Kosmowski, K. (2012). *The effects of time of day and practice on cognitive abilities: the PEBL pursuit rotor, compensatory tracking, match-to-sample, and TOAV tasks*. PEBL Techn Rep Ser, 2.
- Anderson, C. A., Arciniegas, D. B. (2010). *Cognitive sequelae of hypoxic-ischemic brain injury: a review*. *NeuroRehabilitation*, 26(1), 47-63.
- Ando, S., Hatamoto, Y., Sudo, M., Kiyonaga, A., Tanaka, H., & Higaki, Y. (2013). *The effects of exercise under hypoxia on cognitive function*. *PLoS One*, 8(5), e63630. doi:10.1371/journal.pone.0063630
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). *Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment*. *Cochrane Database Syst Rev*, 3(3).
- Arnsten, A. F., Rubia, K. (2012). *Neurobiological circuits regulating attention, cognitive control, motivation, and emotion: disruptions in neurodevelopmental psychiatric disorders*. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 51(4), 356-367.
- Asmaro, D., Mayall, J., & Ferguson, S. (2013). *Cognition at altitude: impairment in executive and memory processes under hypoxic conditions*. *Aviat Space Environ Med*, 84(11), 1159-1165.
- Bezdjian, S., Baker, L. A., Lozano, D. I., & Raine, A. (2009). *Assessing inattention and impulsivity in children during the Go/NoGo task*. *British Journal of Developmental Psychology*, 27(2), 365-383.
- Blomberg, O. (2011). *Conceptions of Cognition for Cognitive Engineering*. *The International Journal of Aviation Psychology*, 21(1), 85-104. doi:10.1080/10508414.2011.537561
- Bonnon, M., Noel-Jorand, M. C., & Therme, P. (1995). *Psychological changes during altitude hypoxia*. *Aviat Space Environ Med*, 66(4), 330-335.
- Buckner, R. L., Wheeler, M. E. (2001). *The cognitive neuroscience of remembering*. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(9), 624-634.
- Cable, G. G. (2003). *In-flight hypoxia incidents in military aircraft: causes and implications for training*. *Aviation, space, and environmental medicine*, 74(2), 169-172.
- Collie, A., Maruff, P., Darby, D. G., & McStephen, M. (2003). *The effects of practice on the cognitive test performance of neurologically normal individuals assessed at brief test-retest intervals*. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 9(3), 419.
- Conrad, R. (1964). *Acoustic Confusions In Immediate Memory*. *British Journal of Psychology*, 55(1), 75-84. doi:10.1111/j.2044-8295.1964.tb00899.x
- Coren, S., Ward, L. M., & Enns, J. T. (1999). *Sensation and Perception (5th Ed.)*. Orlando, FL: Harcourt Brace College Publishers.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Davis, J. R., Johnson, R., Stepanek, J., & Fogarty, J.A. (Eds.). (2008). *Fundamentals of Aerospace Medicine (4th Ed.)*. Philadelphia,PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Du, J. Y., Li, X. Y., Zhuang, Y., Wu, X. Y., & Wang, T. (1999). *Effects of acute mild and moderate hypoxia on human short memory*. Space Med Med Eng (Beijing), 12(4), 270-273.
- Engle, R. W. (2002). *Working Memory Capacity as Executive Attention*. Current Directions in Psychological Science, 11(1), 19-23. doi:10.1111/1467-8721.00160
- Gorfein, D. S., MacLeod, C. M. (Eds.). (2007). *Inhibition in Cognition*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Gradwell, D., Rainford, D. J. (Eds.). (2006). *Ernsting's Aviation Medicine, (4th Ed.)*. London, UK: CRC Press.
- Greer, D. M. (2006). *Mechanisms of injury in hypoxic-ischemic encephalopathy: implications to therapy*. Semin Neurol, 26(4), 373-379. doi:10.1055/s-2006-948317.
- Hall, J. E., Guyton, A. C. (2013). Tibbi Fizyoloji. Yeğen, B. Ç., Alican, İ., & Solakoğlu, Z. (Eds.). 12. Basım. Nobel Tıp Kitapevleri.
- Hewett, K. J., Curry, I. P., Rath, E., & Collins, S. M. (2009). *Subtle cognitive effects of moderate hypoxia*. Defense Technical Information Center (DTIC), Cameron Station, Alexandria, Virginia 22314.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). *Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children*. Dev Psychol, 45(1), 114-129. doi:10.1037/a0014437
- Joyner, M. J., Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of physiology*, 586(1), 35-44.
- Kao, S. C., Drollette, E. S., Scudder, M. R., Raine, L. B., Westfall, D. R., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2017). *Aerobic Fitness Is Associated With Cognitive Control Strategy in Preadolescent Children*. J Mot Behav, 49(2), 150-162. doi:10.1080/00222895.2016.1161594
- Karakaş, S. (2004). *Bilnot Bataryası El Kitabı: Nöropsikolojik testler için araştırma ve geliştirme çalışmaları*. Dizayn Ofset, Ankara.
- Keys, B. A., White, D. A. (2000). *Exploring the relationship between age, executive abilities, and psychomotor speed*. Journal of the International Neuropsychological Society, 6(01), 76-82.
- Kolegard, R., Mekjavic, I. B., & Eiken, O. (2013). *Effects of physical fitness on relaxed G-tolerance and the exercise pressor response*. Eur J Appl Physiol, 113(11), 2749-2759. doi:10.1007/s00421-013-2710-z



## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Komiyama, T., Sudo, M., Higaki, Y., Kiyonaga, A., Tanaka, H., & Ando, S. (2015). *Does moderate hypoxia alter working memory and executive function during prolonged exercise?* *Physiology & behavior*, 139, 290-296.
- Legg, S., Hill, S., Gilbey, A., Raman, A., Schlader, Z., & Mündel, T. (2014). *Effect of mild hypoxia on working memory, complex logical reasoning, and risk judgment.* *The International Journal of Aviation Psychology*, 24(2), 126-140.
- Legg, S., Hill, S., Mündel, T., Gilbey, A., Schlader, Z., & Raman, A. (2012). *Could mild hypoxia impair pilot decision making in emergencies?* *Work*, 41 Suppl 1, 198-203. doi:10.3233/wor-2012-0156-198
- Legg, S. J., Gilbey, A., Hill, S., Raman, A., Dubray, A., Iremonger, G., & Mündel, T. (2016). *Effects of mild hypoxia in aviation on mood and complex cognition.* *Applied Ergonomics*, 53, Part B, 357-363. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2015.10.002
- Malle, C., Quinette, P., Laisney, M., Boissin, J., Desgranges, B., Eustache, F., & Piérard, C. (2013). *Working memory impairment in pilots exposed to acute hypobaric hypoxia.* *Aviation, space, and environmental medicine*, 84(8), 773-779.
- Maxwell, P. H. (2005). *Hypoxia-inducible factor as a physiological regulator.* *Exp Physiol*, 90(6), 791-797. doi:10.1113/expphysiol.2005.030924
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2000). *Essentials of Exercise Physiology.* Lippincott Williams & Wilkins.
- McCarthy, D., Corban, R., Legg, S., & Faris, J. (1995). *Effects of mild hypoxia on perceptual-motor performance: a signal-detection approach.* *Ergonomics*, 38(10), 1779-1792. doi:10.1080/00140139508925245
- McLean, B. D., Gore, C. J., & Kemp, J. (2014). *Application of 'live low-train high' for enhancing normoxic exercise performance in team sport athletes.* *Sports medicine*, 44(9), 1275-1287.
- Miller, G. A. (1956). *The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information.* *Psychological review*, 63(2), 81.
- Mueller, S. T., Piper, B. J. (2014). *The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery.* *J Neurosci Methods*, 222, 250-259. doi:10.1016/j.jneumeth.2013.10.024
- Myers, J., Ashley, E. (1997). *Dangerous curves: a perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold.* *Chest Journal*, 111(3), 787-795.
- Nesthus, T. E., Rush, L. L., & Wreggit, S. S. (1997). *Effects of Mild Hypoxia on Pilot Performances at General Aviation Altitudes (No. DOT/FAA/AM-97/9).* Federal Aviation Administration Washington DC Office Of Aviation Medicine.
- Neuhaus, C., Hinkelbein, J. (2014). *Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training.* *Psychol Res Behav Manag*, 7, 297.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Özhan, M.H., Şahin, G., Kunter, E., & Balkan, A. (2010) *Fizyolojiden Tedaviye Solunum Yetmezliği* (s. 1-24). İstanbul: Deomed.
- Özkan, A., Köklü, Y., & Ersöz, G. (2010). *Wingate anaerobik güç testi. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(1): 207-224.
- Paul, M. A., Fraser, W. D. (1994). *Performance during mild acute hypoxia. Aviat Space Environ Med*, 65(10), 891-899.
- Petrassi, F. A., Hodkinson, P. D., Walters, P. L., & Gaydos, S. J. (2012). *Hypoxic hypoxia at moderate altitudes: review of the state of the science. Aviat Space Environ Med*, 83(10), 975-984.
- Petrides, M. (1994). *Frontal lobes and behaviour. Current opinion in neurobiology*, 4(2), 207-211.
- Phillips, C., Baktir, M. A., Srivatsan, M., & Salehi, A. (2014). *Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. Frontiers in cellular neuroscience*, 8, 170.
- Phillips, J. B., Hørning, D., & Funke, M. E. (2015). *Cognitive and perceptual deficits of normobaric hypoxia and the time course to performance recovery. Aerosp Med Hum Perform*, 86(4), 357-365.
- Pierson, D. J. (2000). *Pathophysiology and clinical effects of chronic hypoxia. Respir Care*, 45(1), 39-51; discussion 51-33.
- Pilmanis, A. A., Balldin, U. I., & Fischer, J. R. (2016). *Cognition Effects of Low-Grade Hypoxia. Aerosp Med Hum Perform*, 87(7), 596-603. doi:10.3357/AMHP.4558.2016
- Piper, B. J., Mueller, S. T., Geerken, A. R., Dixon, K. L., Kroliczak, G., Olsen, R. H., & Miller, J. K. (2015). *Reliability and validity of neurobehavioral function on the Psychology Experimental Building Language test battery in young adults. PeerJ*, 3, e1460. doi:10.7717/peerj.1460
- Sakai, K., Passingham, R. E. (2006). *Prefrontal set activity predicts rule-specific neural processing during subsequent cognitive performance. Journal of Neuroscience*, 26(4), 1211-1218.
- Schmidt-Kastner, R., Freund, T. (1991). Selective vulnerability of the hippocampus in brain ischemia. *Neuroscience*, 40(3), 599-636.
- Schneider, S., Strüder, H. K. (2009). *Monitoring effects of acute hypoxia on brain cortical activity by using electromagnetic tomography. Behavioural brain research*, 197(2), 476-480.
- Schoeke, A. Bittlin, T. (n.d.) *Cognitive Psychology and Cognitive Neuroscience*. Erişim [https://en.wikibooks.org/wiki/Cognitive\\_Psychology\\_and\\_Cognitive\\_Neuroscience](https://en.wikibooks.org/wiki/Cognitive_Psychology_and_Cognitive_Neuroscience)
- Scott, C. (2005). *Misconceptions about aerobic and anaerobic energy expenditure. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2(2), 1.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Self, D. A., Mandella, J. G., White, V. L., & Burian, D. (2013). *Physiological determinants of human acute hypoxia Tolerance* (No. DOT/FAA/AM-13/22). Federal Aviation Administration Oklahoma City OK Civil Aerospace Medical Inst.
- Similowski, T. (2001). *[Physiopathology of chronic respiratory insufficiency]*. *Rev Prat*, 51(10), 1066-1071.
- Smith, A. M. (2008). *Hypoxia symptoms in military aircrew: long-term recall vs. acute experience in training*. *Aviat Space Environ Med*, 79(1), 54-57.
- Sperling, G. (1960). *The information available in brief visual presentations*. *Psychological monographs: General and applied*, 74(11), 1.
- Stepanek, J., Cocco, D., Pradhan, G. N., Smith, B. E., Bartlett, J., Studer, M., & Cevette, M. J. (2013). *Early detection of hypoxia-induced cognitive impairment using the King-Devick test*. *Aviat Space Environ Med*, 84(10), 1017-1022.
- Turner, C. E., Barker-Collo, S. L., Connell, C. J., & Gant, N. (2015). *Acute hypoxic gas breathing severely impairs cognition and task learning in humans*. *Physiology & behavior*, 142, 104-110.
- Virués-Ortega, J., Buela-Casal, G., Garrido, E., & Alcázar, B. (2004). *Neuropsychological functioning associated with high-altitude exposure*. *Neuropsychology review*, 14(4), 197-224.
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). *Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review*. *Biological psychiatry*, 57(11), 1336-1346.
- Yıldız, S. A. (2012). *Aerobik ve Anaerobik Kapasitenin Anlamı Nedir?* *Solunum Dergisi*, 14(1), 1-8.
- Zakzanis, K. K., Mraz, R., & Graham, S. J. (2005). *An fMRI study of the trail making test*. *Neuropsychologia*, 43(13), 1878-1886.

## 8-EKLER

### EK-1

#### UÇUCU SAĞLIĞI ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ BAŞKANLIĞI

“HİPOKSİDE AEROBİK VE ANAEROBİK EGZERSİZ KAPASİTESİNİN PSİKOMOTOR VE KOĞNİTİF PERFORMANSA ETKİSİ”

Doğum Tarihi:

Uçuş Saati:

Tarih:

Sayı:

1- Aşağıdaki şikâyetlerden herhangi biri sizde varsa işaretleyiniz.

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Baş ağrısı    | <input type="checkbox"/> Göğüs ağrısı  |
| <input type="checkbox"/> Nefes darlığı | <input type="checkbox"/> Çabuk yorulma |
| <input type="checkbox"/> Çarpıntı      | <input type="checkbox"/> Öksürük       |
| <input type="checkbox"/> Diğer .....   |  |

2- Harp Okulunda düzenli spor yaptınız mı?

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> Hayır, yapmadım.   |                       |
| <input type="checkbox"/> Evet, ..... yıl düzenli spor yaptım. Antrenman sıklığım; |                       |
| I- Her gün  | III- Haftada 1 kez    |
| II- Haftada 2-3 kez   | IV- Ayda 2-3 kez idi. |

3- Öğrenciliğinizde hangi spor branşı veya branşları ile uğraştınız?

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Atletizm   | <input type="checkbox"/> Kross-Koşu |
| <input type="checkbox"/> Masa Tenisi  | <input type="checkbox"/> Judo       |
| <input type="checkbox"/> Vücut Geliştirme   | <input type="checkbox"/> Yüzme      |
| <input type="checkbox"/> Güreş  | <input type="checkbox"/> Oryantring |
| <input type="checkbox"/> Diğer .....  |                                     |
| <input type="checkbox"/> Sporla uğraşmadım (Boru bando takımı, elektronik kolu, resim kolu vb.) |                                     |

4- Sigara kullanıyor musunuz?

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Hayır, hiç kullanmadım.                 |                            |
| <input type="checkbox"/> Hayır, ..... yıl önce bıraktım.         |                            |
| <input type="checkbox"/> Evet, ..... yıldır sigara kullanıyorum. |                            |
| I- Günde 1-3 tane  | III- Günde 1 paket         |
| II- Günde 5-10 tane  | IV- Günde 1 paketten fazla |

5- Uyku düzeninizde bozukluk var mı?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Uykusuzluk            | <input type="checkbox"/> Uykudan sık sık uyanma    |
| <input type="checkbox"/> Fazla uyuma           | <input type="checkbox"/> Gece sık sık idrara çıkma |
| <input type="checkbox"/> Uykuya dalmada güçlük | <input type="checkbox"/> Sabahları yorgun kalkma   |
| <input type="checkbox"/> Horlama               | <input type="checkbox"/> Hiçbiri                   |

6- Birinci derece yakınlarınızda aşağıdaki rahatsızlıklardan olanlar varsa işaretleyiniz.

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Kalp Hastalığı    | <input type="checkbox"/> Hipertansiyon             |
| <input type="checkbox"/> Akciğer Hastalığı | <input type="checkbox"/> Dolaşım Sistemi Hastalığı |

7- Bu tarihe kadarki uçuş eğitim faaliyetlerinizi nasıl değerlendirirsiniz? (Sihhi açıdan bir sorun yaşadınız mı?)

- A- Hiçbir bir sihhi sorun yaşamadım.  
B- Bulantı – kusma  
C- Bilinç bulanıklığı  
D- Baş dönmesi  
D- Diğer belirtiniz

.....

## 9- ÖZGEÇMİŞ

### Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Menduh Savaş İLBASMIŞ  
Ünvanı : Uzm.Dr. (Hv.Tbp.Kd.Yzb.)  
Doğum tarihi ve yeri : 07.07.1976  
Uyruğu : T.C.  
Medeni durumu : Evli  
İletişim adresleri : Yıldıztepe Hava Lojmanları Site:38/16  
ESKİŞEHİR

### Eğitim Durumu

İlköğretim : 60. Yıl Cumhuriyet İlköğretim Okulu  
(1982-1987) KAYSERİ  
Lise : Nuhmehmet Küçükçalık Anadolu Lisesi  
(1987-1994) KAYSERİ  
Üniversite : Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi  
(1994-2000) KAYSERİ  
Uzmanlık : GATA Hava-Uzay Hekimliği AD.  
(2007-2010) ESKİŞEHİR  
Yabancı dil : İngilizce (2013 / YDS:83)

### Mesleki Deneyim

2002-2004 : Pratisyen Tabip. Sağlık Bakanlığı 112 Acil Yardım Hizmetleri Genel Müdürlüğü ANKARA  
2005-2007 : Uçuş Tabibi. Hv.K.K.lığı 8. Ana Jet Üs Komutanlığı Sağlık Amirliği DİYARBAKIR  
2010-Halen : Hava ve Uzay Hekimi. Hv.K.K.lığı Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi Başkanlığı (USAEM) ESKİŞEHİR

### Üye Olunan Bilimsel Kuruluşlar

Havacılık Tıbbi Derneği  
Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği

## **Yayınlar**

### ***SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler***

1. Karadurmus, N., Sahin, M., Tasci, C., Naharci, I., Ozturk, C., Ilbasmis, S., Dulkadir, Z., Sen A., Saglam, K. (2010). *Potential benefits of hyperbaric oxygen therapy on atherosclerosis and glycaemic control in patients with diabetic foot*. Endokrynol Pol, 61(3), 275-279.
2. Ozturk, C., Ilbasmis, M. S., Akin, A. (2012). *Cardiac responses to long duration and high magnitude +Gz exposure in pilots: an observational study*. Anadolu Kardiyol Derg, 12(8), 668-674. doi:10.5152/akd.2012.219
3. Ilbasmis, S. (2013). *High altitude induced subdural hematoma*. Aviat Space Environ Med, 84(3), 260.
4. Ilbasmis, S., Yildiz, S. (2017). *Respiratory and Pulse Changes Due to Vestibular Stimulations in a Motion-Based Simulator*. Aerosp Med Hum Perform, 88(1), 48-51. doi:10.3357/amhp.4534.2017
5. Ilbasmis, S. (2017). *Letter to the Editor re: Hypoxia Occurrence in a Military Aviator Below 3048 m: Letter*. Aerosp Med Hum Perform, 88(5), 507-508. doi:10.3357/amhp.4821.2017

### ***Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar***

1. Akin, A., Ozturk, C., Ilbasmis, S. (2012). *Long term effects of high G exposure on myocardial performance index*. Aviation, space, and environmental medicine, 83(3).
2. Ilbasmis, S., Ercan, E., Kendirli, T., Cengel, C., Okur, G. (2012). *An anterior talofibular ligament injury case after g-lab training*. Aviation, space, and environmental medicine, 83(3).
3. Ilbasmis, S., Ercan, E., Yildiz, S. (2012). *Chronic pulmonary effects of occupational high +Gz exposure*. Aviation, space, and environmental medicine, 83(3).
4. Ilbasmis, S., Yildiz, S., Ercan, E., Arslan, M. (2012). *Acute Effects Of Hyperbaric Oxygen (HBO) Treatment On Spirometric Parameters*. Respirology, 17, 124.

5. Yildiz, S., & Ilbasmis, S. (2012). *Bronchial asthma in aviation: A jet pilot asthma case*. *Respirology*, 17, 73.
6. Ercan, E., Ilbasmis, S., Senol, L. (2013). *Decompression sickness (DCS) encountered during hypobaric hypoxia trainings*. *Aviation, space, and environmental medicine*, 84(4).
7. Ercan, E., Yildiz, S., Ilbasmis, S. (2013). *Effects of acute altitude exposure on respiratory system*. *Respirology*, 18, 99.
8. Ilbasmis, S., Ercan, E. (2013). *Pre-obesity effects on TUC (time of useful consciousness) and oxygen saturation in hypobaric hypoxia training*. *Aviation, space, and environmental medicine*, 84(4).
9. Ilbasmis, S., Ercan, E., Ersal, Y. (2013). *One year experience of new spatial disorientation (sd) trainer in turkish aeromedical training center and mostly preferred illusion profiles*. *Aviation, space, and environmental medicine*, 84(4).
10. Ilbasmis, S., Simsek, K. (2013). *Cardiac enzyme levels of a CO poisoning case during hyperbaric oxygen treatment*. *Aviation, space, and environmental medicine*, 84(4).

## **Bilimsel Etkinlikler**

### **Sunulan sözlü konferans veya seminerler:**

1. *Modern havacılıkta hipoksi tehdidi ve önleyici tedbirler*. 1. Ulusal Havacılık Tıbbi Kongresi 11-13 Nisan 2014, USAEM Başkanlığı, Eskişehir
2. *Basınç değişimleri ve hipoksi*. 2. Ulusal Havacılık Tıbbi Kongresi 28-30 Mart 2015, Teknopark, İstanbul
3. *Uçak yolculuğu ve solunum sistemi – Uçuş öncesi değerlendirme*. 15-19 Ekim 2016 TÜSAD 38. Ulusal Kongresi Solunum 2016, Çeşme, İzmir.

### **Katılan kurslar ve eğitim programları:**

1. Uçuş Tabipliği ve Fizyolojik Eğitim Kursu (20 Haziran – 22 Temmuz 2005)